Réservoirs agricoles de la région de l’Atlantique

Le manuel intitulé Réservoirs agricoles de la région de l’Atlantique a été rédigé grâce au soutien financier du Programme d’approvisionnement en eau Canada-Nouvelle-Écosse.

Les données techniques nécessaires à la préparation de ce manuel ont été fournies par les organismes suivants :
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Nova Scotia Federation of Agriculture
Le ministère de l’Agriculture de la Nouvelle-Écosse
Le Collège d’agriculture de la Nouvelle-Écosse
Horticulture Nova Scotia
Le ministère de l'Agriculture et de l'Aquaculture du Nouveau-Brunswick
Le ministère de l'Agriculture, des Pêches et des Forêts de l’Île-du-Prince-Édouard

Cette publication est une adaptation du manuel intitulé *Quality Farm Dugouts* (Des mares-réservoirs agricoles de qualité), produit par Prairie Water News.

Limitation de responsabilité
La responsabilité de l’interprétation du contenu de cette publication revient à l’utilisateur. Bien que les renseignements qui s’y trouvent soient jugés exacts, ceux-ci sont fournis « tels quels », à titre informatif seulement, et sans garantie de quelque sorte que ce soit.

Canada

NOVA SCOTIA
NOUVELLE-ÉCOSSE

Réservoirs agricoles de la région de l’Atlantique

Module 1 – Historique

Il y a déjà longtemps que les agriculteurs de la région de l’Atlantique ont recours aux réservoirs agricoles. Lorsque les ressources locales en eau ne réussissent pas à satisfaire à tous les besoins d’une exploitation agricole, un puits adéquatement conçu peut faire la différence entre un profit et une perte. Dans la plupart des cas, les réservoirs ont pour fonction de recueillir le surplus temporaire d’eau de ruissellement issue de la fonte des neiges printanière. Durant la saison estivale, les précipitations contribuent également à la production d’eau de ruissellement, mais cette dernière est généralement de piètre qualité. Afin de garantir la fiabilité de l’approvisionnement en eau, la capacité de stockage d’un réservoir doit être suffisamment grande pour pallier les périodes de sécheresse et les pertes dues à l’évaporation (été) et à l’accumulation de glace (hiver).

Durant la sécheresse des années 30, l’Administration du rétablissement agricole des Prairies (ARAP) a participé à l’établissement des normes de conception des réservoirs agricoles des Plaines de l’Ouest afin d’en faire des sources d’approvisionnement en eau fiables. L’ARAP a également décidé dès lors d’encourager financièrement les agriculteurs qui construiraient leurs réservoirs selon les nouvelles normes règlementaires établies. Depuis les années 30, l’ARAP et d’autres organismes gouvernementaux n’ont cessé d’améliorer la conception technique générale des réservoirs agricoles.

Figure 1 : agriculteur labourant un champ à l’aide d’une charrue hippomobile

De nos jours, les exploitations agricoles jouissent de plusieurs moyens pour s'approvisionner en eau. Certaines ont même accès à de l'eau pressurisée et traitée par le biais d'une canalisation rurale d'amenée d'eau. Malgré ces progrès technologiques, les réservoirs jouent toujours un rôle primordial dans les réseaux agricoles d'approvisionnement en eau. Les réservoirs agricoles représentent une importante source d'eau dans la région de l'Atlantique et ils servent à de multiples usages, lesquels incluent :

- Irrigation et protection contre le gel;
- Serriculture;
- Mélange de la bouillie parasitaire;
- Abreuvement du bétail;
- Récoltes (inondation des tourbières à canneberges);
- Lutte contre le feu;
- Protection de l'environnement (sédimentation et bassins de retenue).

La qualité de l'eau et sa quantité varient selon les différents types de réservoirs, leur dimension, leur forme, leur emplacement et le type de gestion requise. Au fil des ans, l'ARAP a toujours renseigné et conseillé les propriétaires de réservoirs agricoles des Plaines de l'Ouest canadien. Ces renseignements furent mis à jour périodiquement et sont le fruit de plus de cinquante années de recherche. C'est pour garantir que l'eau ne nuise pas à la prospérité ou à la qualité de vie des régions rurales que l'ARAP transmet aux agriculteurs son savoir et tous les renseignements relatifs aux pratiques de gestion dont elle dispose. Le manuel intitulé *Quality Farm Dugouts* (révisé en 2007), produit par Prairie Water News, et duquel s'inspire le présent document, fut à l'origine préparé dans le but d'aider la communauté agricole des Prairies dans la construction, l'exploitation et l'entretien de réservoirs agricoles. Vous pouvez obtenir le document original en contactant *Alberta Agriculture and Food, Agriculture Education and Training Branch. 2nd Floor, J.G. O'Donoghue Building, 7000-113 Street, Edmonton, Alberta T6H 5T6*.

Le présent document a été adapté en vue de mieux répondre aux besoins précis des agriculteurs de la région de l'Atlantique.

Module 2 – Comprendre les réservoirs agricoles de la région de l'Atlantique

Il est beaucoup plus simple de concevoir, d'exploiter et d'entretenir des réservoirs de haute qualité si l'on comprend clairement le fonctionnement des processus naturels qui les régissent. Ce module explique quelques-uns de ces processus. Le climat, le paysage terrestre et les bassins hydrographiques naturels déterminent la quantité d'eau de ruissellement que les réservoirs recueillent. Grâce à l'écoulement de surface recueilli, les réservoirs permettent ainsi aux agriculteurs de fournir un milieu riche en eau de qualité à une grande variété de plantes, d'animaux et de microorganismes.

Le climat atlantique

L'océan Atlantique influe grandement sur le climat du Canada Atlantique en le rendant modéré, frais et humide. L'écozone maritime de l'Atlantique se caractérise par des hivers doux (température moyenne de -5 °C) et des étés frais (température moyenne de 14 °C). Le climat le long de la côte est généralement plus chaud de plusieurs degrés en hiver, et légèrement plus froid en été. Les précipitations moyennes varient de 1000 mm à l'intérieur des terres à 1425 mm le long de la côte. La saison de croissance annuelle moyenne varie de 1 500 à plus de 1 750 degrés-jours de croissance de plus de 5 °C. Les jours sans gel varient, en moyenne, de 80 dans les hautes terres du Nouveau-Brunswick à 180 le long de la côte.

Bien qu'il y ait assez de précipitations annuellement pour suffire aux besoins de la production agricole de la région de l'Atlantique, les chutes de pluie ne sont malheureusement pas réparties de manière uniforme durant la période de croissance. Les précipitations sont à leur maximum durant l'automne et l'hiver et à leur plus bas niveau aux mois de juin et juillet. À ces causes, le climat influe grandement sur les tracés des cours d'eau temporaires saisonniers et les agriculteurs doivent souvent composer avec un approvisionnement en eau insuffisant durant la période de croissance, où la demande en eau de qualité est à son maximum.

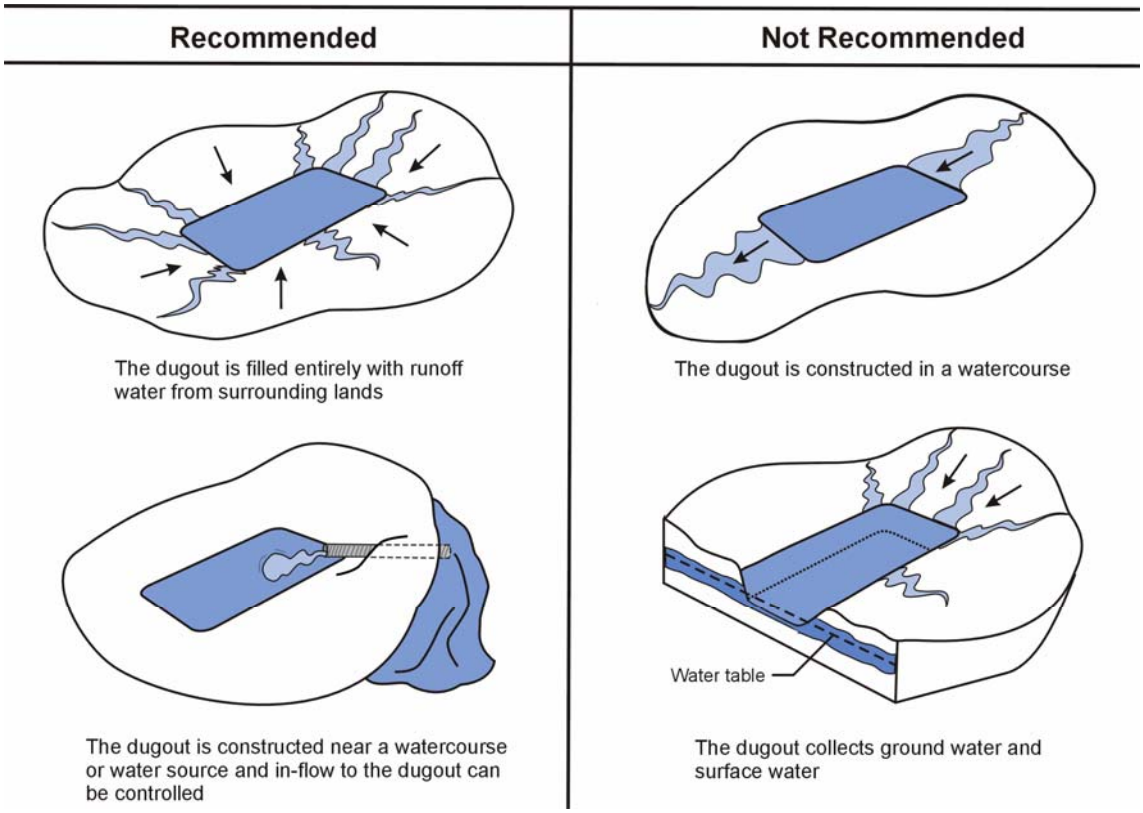
Réservoirs agricoles de la région de l'Atlantique

Les réservoirs sont des excavations de terre conçues pour recueillir et emmagasiner l'eau de ruissellement en vue de l'utiliser lors de périodes sèches. D'ordinaire, les réservoirs ont une capacité variant entre quelques centaines de milliers à plusieurs millions de gallons impériaux. Les réservoirs agricoles constituent des sources d'eau nécessaires en raison des problèmes liés au maintien de la qualité de l'eau et de l'imprévisibilité des précipitations. Comme l'illustre la figure 2, il est recommandé de construire deux principaux types de réservoirs :

- Le premier type de réservoir recommandé est entièrement rempli par l'écoulement de surface provenant des champs avoisinants.
- Le second type de réservoir recommandé est adjacent à un cours d'eau en mouvement ou une source d'eau souterraine et est rempli en pompant ou en détournant l'eau de la source. Pour les besoins de cette publication, on sous-entend par cours d'eau un ruisseau, une tranchée de drainage, ou autre courant d'eau douce permanent ou temporaire ayant un canal déterminé avec un lit et des berges.

Pour ce qui est d'un réservoir situé sur un terrain accidenté, la construction d'une berme sur le flanc inférieur du réservoir, à l'aide des matériaux de déblai, permettra d'emmagasiner plus d'eau. Pour ce faire, enlevez la terre arable jusqu'au sous-sol à l'endroit où la berme doit être aménagée et construisez cette dernière à l'aide de la terre compactée du sous-sol, de façon à ce

que la levée de terre soit à deux pieds au-dessus du niveau de l'eau. Ceci préviendra les exfiltrations d'eau sous la berme et l'empêchera de s'affaisser sous l'action des vagues. Afin de rendre le réservoir étanche et prévenir les exfiltrations d'eau, il est nécessaire d'utiliser des sols d'une teneur en argile de plus de 15 %, sans quoi l'installation de toiles géotextiles s'impose.



Recommandé	***Contre-indiqué***
Mare-réservoir remplie entièrement grâce à l'écoulement de surface provenant des terres avoisinantes.	*Mare-réservoir construite à même un cours d'eau.*
	Surface de la nappe
Mare-réservoir construite à proximité d'un cours ou d'une source d'eau, dont le débit d'entrée peut être réglé.	*Mare-réservoir recueillant l'eau de surface et l'eau souterraine.*

Figure 2 : Types de réservoirs

Qualité de l'eau contenue dans un réservoir

Il est important de vérifier rigoureusement la qualité de l'eau contenue dans un réservoir si celle-ci doit servir à abreuver le bétail ou à irriguer les terres. L'eau de ruissellement transporte souvent des matières solubles ou en suspension pouvant nuire à la qualité de l'eau, dont :

- Des organismes pathogènes;
- Des éléments fertilisants et engrais dissous;
- Des pesticides;
- Des résidus de plantes et d'algues décomposées;
- Des sédiments en suspension;
- Des carburants, agents solvants et de la peinture;
- Des minéraux provenant du sol.

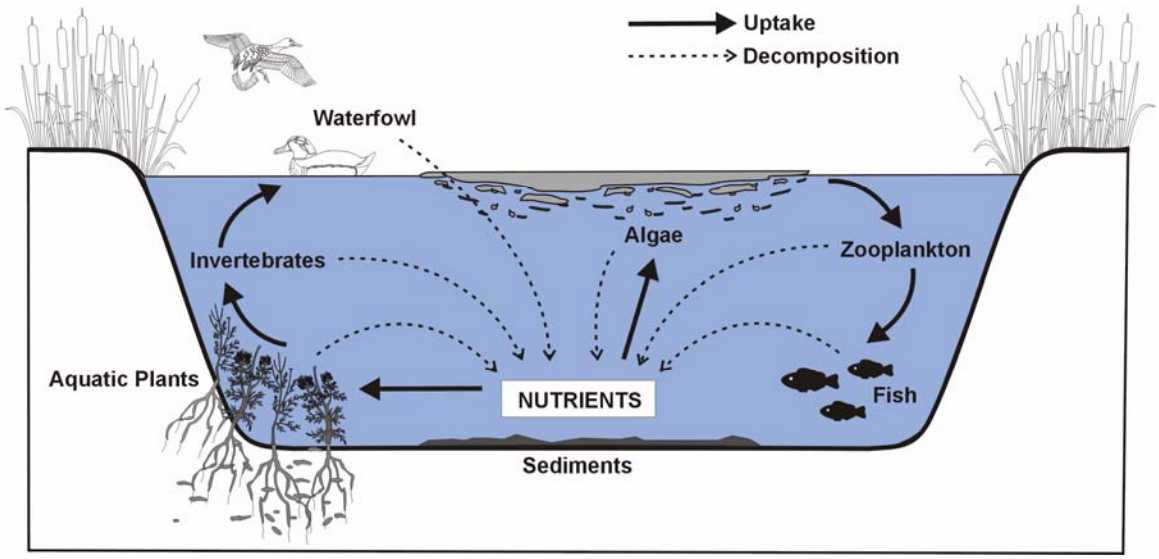
L'écoulement de surface qui amène ces matières et ces organismes dans un réservoir agricole a pour effet d'altérer la qualité de l'eau qui s'y trouve. Cependant, il est possible de gérer, de traiter et d'améliorer la qualité de l'eau contenue dans un réservoir afin de parer à la plupart des besoins des agriculteurs. L'amélioration et la gestion de la qualité de l'eau contenue dans un réservoir doivent se faire selon les processus biologiques et chimiques qui s'y produisent. Afin d'être efficace, la gestion d'un réservoir agricole doit être assurée du bassin récepteur jusqu'à l'emploi final.

Processus biologique ayant lieu dans un réservoir

Plusieurs gens croient à tort que les réservoirs sont des plans d'eau sans vie et stagnants. Lorsqu'un réservoir nouvellement construit se remplit d'eau pour la première fois, il est rapidement habité par de nombreux organismes comme des plantes, microbes, insectes et animaux, ce qui lui permet alors de développer son propre écosystème. Les sols fertiles qui accueillent la plupart des réservoirs agricoles fournissent en éléments nutritifs divers végétaux. Les plantes et algues à racines constituent une importante source de nourritures pour de minuscules animaux nommés zooplanctons. Par le biais de la chaîne alimentaire, les zooplanctons deviennent alors une source de nourriture pour divers insectes qui à leur tour deviennent source de nourriture pour divers amphibiens et poissons. En d'autres mots, un réservoir est un écosystème vivant et régi par des processus et cycles naturels.

Le processus biologique ayant lieu dans un réservoir est similaire au cycle se produisant dans tout autre plan d'eau. Chaque été, les températures chaudes et les longues journées ensoleillées favorisent une croissance végétale et animale accélérée. À la lumière du jour, les plantes consomment des substances nutritives et injectent de l'oxygène dans l'eau. Durant la nuit, la production d'oxygène cesse et, par l'entremise de la respiration, l'oxygène dissous est consommé – ce qui peut entraîner la présence dans l'eau de faibles concentrations en oxygène dissous. Lorsque les plantes et les animaux meurent, divers microorganismes participent à la décomposition de leurs tissus. Ce processus de décomposition requiert de l'oxygène. Lors de journées chaudes et calmes, l'activité biologique est très importante et les courants que provoque le vent ajoutent peu d'oxygène à l'eau. Durant l'hiver, lorsque la surface du plan d'eau est gelée,

les concentrations en oxygène peuvent également être considérablement basses. Lorsque cela se produit, les organismes anaérobies, qui n'ont pas besoin d'oxygène pour s'adonner à leurs activités, se chargent alors du processus de décomposition. L'activité anaérobie entraîne le relâchement de plusieurs composés indésirables dans l'eau. Ceux-ci incluent notamment des formes de fer et de manganèse, qui ont pour effet de décolorer l'eau, et des gaz de marais aux odeurs désagréables comme le méthane et le sulfure d'hydrogène. Lorsque ces microorganismes meurent, leur décomposition fournit en substances nutritives les plantes qui lancent alors un nouveau cycle.



Aquatic Plants = Plante aquatique
Waterflow = Écoulement d'eau
Sediments = Sédiments
Algae = Algues
Uptake = Assimilation

Invertebrates = Invertébrés
Nutients = Substances nutritives
Fish = Poissons
Zooplankton = Zooplanctons
Decomposition = Décomposition

Figure 3 : Cycle nutritif simplifié

Comme l'illustre la figure 3 (Cycle nutritif simplifié), plusieurs formes de plantes se développent dans les réservoirs. Certaines espèces végétales à racines y vivent complètement immergées. D'autres types de plantes sont enracinés aux sédiments et certaines de leurs parties, telles les feuilles et les fleurs, poussent à l'extérieur de l'eau – la massette et le roseau en font partie. Bien que les réservoirs abritent plusieurs espèces végétales, une d'entre elles retient particulièrement notre attention, soit les algues. La principale raison étant les problèmes qu'elles causent en ce qui a trait à l'approvisionnement en eau. Les algues sont souvent présentes dans les réservoirs et sont la plupart du temps indétectables. Toutefois, lorsque les conditions s'y prêtent, elles peuvent se

reproduire à un rythme effréné pour ainsi donner lieu à ce qu'on appelle « prolifération d'algues ». Ce foisonnement peut entraîner plusieurs problèmes :

- Présence de toxines dans l'eau;
- Altération du goût et de l'odeur de l'eau;
- Engorgement des filtres;
- Inefficacité des traitements de désinfection;
- Formation de sous-produits de chloration potentiellement toxiques;
- Fluctuation des concentrations en oxygène le jour et la nuit ayant pour effet d'entraîner la mort de certaines ressources halieutiques.

Il existe plusieurs types d'algues vertes (chlorophycées). La figure 4 montre l'algue filamenteuse, connue également sous le nom d'écume d'étang, qui se caractérise par de longs fils liés les uns aux autres formant un tapis flottant à la surface de l'eau. Il faut agir avec diligence lorsque les algues prolifèrent dans un réservoir agricole destiné à l'abreuvement du bétail. La meilleure stratégie à adopter pour réduire les risques de prolifération d'algues est de gérer le réservoir de façon à empêcher que les conditions favorisant la croissance de la population algale ne soient réunies. Ce manuel traite en grande partie de cette question.

Figure 4 : Algues vertes (filamenteuses)

La prolifération de **cyanobactéries** est également très préoccupante. Il existe plusieurs types de cyanobactéries; elles sont de taille microscopique, mais deviennent visibles lorsqu'elles se développent en population très dense (figure 5). Certains types ont la capacité de produire des toxines qui peuvent avoir des effets néfastes sur différents organes du bétail, dont notamment le foie, le système nerveux, les poumons et le cœur. Peu de mesures correctives peuvent pallier la prolifération de cyanobactéries. Les cyanobactéries flottent à la surface de l'eau et l'action éolienne les pousse vers les flancs des réservoirs. Les risques d'exposition à de très hautes concentrations en cyanobactéries sont très élevés dans les cas où le bétail s'abreuve directement aux abords d'un réservoir.

La croissance cyanobactérienne est à son apogée lorsque la température de l'eau est chaude et que les concentrations en substances nutritives, plus particulièrement en phosphore, sont élevées. Les concentrations en phosphore supérieures à 0,05 mg/litre favorisent la croissance de plantes et d'algues non désirées. Il n'est pas facile de faire la distinction entre les algues vertes et les cyanobactéries. L'identification formelle de ces dernières requiert des compétences particulières et l'utilisation d'un microscope.

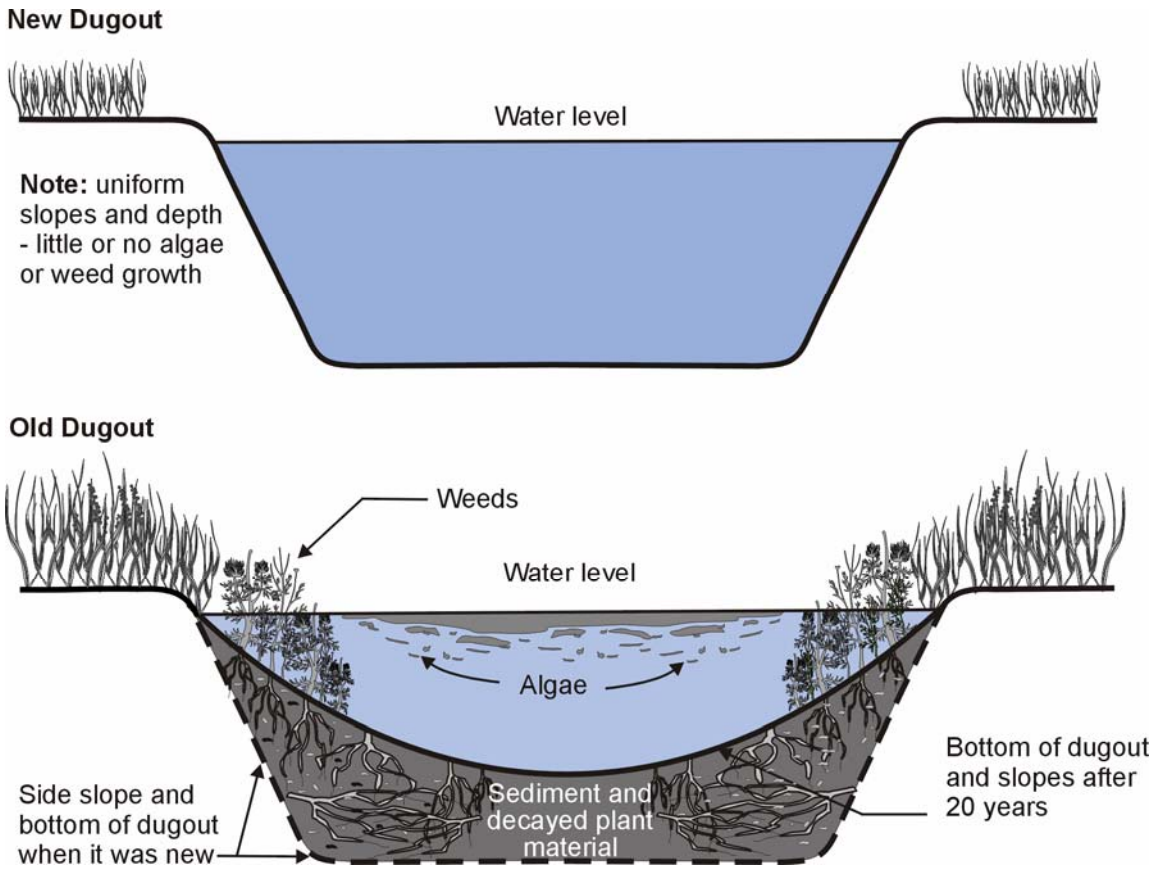
Figure 5 : Cyanobactéries

On confond souvent les algues avec une autre espèce végétale calomniée, mais inoffensive, appelée lenticule mineure. Cette espèce flottante est facilement identifiable lorsqu'on l'observe de près. Les lenticules mineures sont de forme ovale et, comme l'illustre la figure 6, elles forment une couche flottant sur l'eau. Elles peuvent recouvrir la totalité d'un plan d'eau d'un grand tapis vert composé de millions de petites plantes. Leur présence dans un réservoir peut être d'une grande utilité, car elles empêchent la lumière de pénétrer dans l'eau, ombrant du même coup les algues. Elles réduisent également les concentrations en phosphore et en azote présentes dans l'eau. Ces avantages ne seront toutefois concrétisés que si l'on retire les lenticules mineures du réservoir avant qu'elles ne meurent et relâchent diverses substances nutritives dans l'eau. Pour tirer profit des avantages que les lenticules mineures pourraient offrir, il est bon de les retirer aussi souvent qu'une fois chaque mois.

Figure 6 : Lenticules mineures

Durée de vie d’un réservoir

Comme la plupart des réalisations de l’homme, les réservoirs agricoles ne sont pas éternels (voir figure 7). Tous les plans d’eau, y compris les réservoirs agricoles, sont soumis au processus de vieillissement naturel. Au fil des ans, les réservoirs accumulent les sédiments emmenés par le vent et se dégradent en raison de l’érosion hydrique. Dans certaines circonstances, un réservoir de moyennes dimensions peut accumuler jusqu’à 38 cm de sédiments chaque année. Cela peut correspondre à plus de 50 000 kg. À mesure que le réservoir se remplit de sédiments, sa capacité de stockage diminue considérablement. On a pu constater lors de travaux de rétablissement que les réservoirs pouvaient perdre de 1 à 10 % de leur volume en eau en une seule année. Les sédiments sont connus pour accélérer le processus de vieillissement naturel en favorisant la croissance d’espèces végétales dans les réservoirs et en réduisant la qualité de l’eau que ces derniers contiennent.



<u>New Dugout</u> = Mare-réservoir nouvellement aménagée
Water level = Niveau de l'eau
***Note** : inclinaison et profondeurs uniformes – très peu d'algues ou de plantes nuisibles*

<u>Old Dugout</u> = Mare-réservoir âgée de 20 ans
Weeds = Plantes nuisibles
Water level = Niveau de l'eau
Algae = Algues
Sediment and decayed plant material = Sédiments et matières végétales en décomposition
Side slope and bottom of dugout when it was new = Inclinaison des parois latérales et plancher de la mare-réservoir à l'origine
Bottom of dugout and slopes after 20 years = Inclinaison et plancher après 20 ans

Figure 7 : Vue de la section transversale d'un nouveau et ancien réservoir

À mesure que les réservoirs se remplissent de sédiments, la qualité de l'eau qu'ils contiennent se dégrade. En plus de recueillir de l'eau et des sédiments, les réservoirs s'avèrent très efficaces pour piéger les substances nutritives que contiennent les eaux de ruissellement. Au fil du temps,

l’accumulation et le recyclage continu de ces substances nutritives finissent par favoriser la croissance soutenue d’algues et de divers végétaux. Cela entraîne ainsi une dégradation progressive de la qualité de l’eau. Les réservoirs de petites dimensions se réchauffent plus rapidement en été et se refroidissent plus rapidement en hiver. Les eaux chaudes favorisent la croissance d’algues durant la saison estivale. Les couches de glace qui recouvrent les réservoirs durant la saison hivernale ont pour effet de réduire la quantité d’eau disponible et de concentrer les substances nutritives et les sels dans un volume d’eau réduit. La durée de vie des réservoirs, soit la période au cours de laquelle ils peuvent maintenir une qualité d’eau jugée propre à l’utilisation, dépend des pratiques agricoles ayant lieu dans l’aire de drainage et du type de gestion adopté. À mesure que le réservoir avance en âge, il faut s’attendre à ce que la qualité de l’eau qu’il contient se dégrade.

Il faut d'abord comprendre qu’un réservoir fournit généralement de l’eau de bonne qualité au cours de ses cinq premières années d’existence. Au cours des dix années suivantes, sa capacité de stockage et la qualité de l’eau qu’il contient se dégradent. Après vingt ans d’existence, la capacité de stockage et la qualité de l’eau sont à un point tel que le réservoir ne peut désormais plus satisfaire aux besoins de son propriétaire. Sans égard à l’usage qu’on en fait, la durée de vie d’un réservoir peut être considérablement allongée si l’on adopte des pratiques de gestion appropriées.

Module 3 – Planification de l’approvisionnement en eau des exploitations agricoles

Un réseau d’alimentation en eau convenablement conçu et aménagé sera plus dispendieux au départ, mais il génèrera des économies à long terme, car peu de travaux de modification ou de rétablissement seront requis au fil du temps. Le plan initial comprend les étapes suivantes :

1) **Déterminer les besoins en eau**
   La première étape consiste à déterminer quels sont les besoins en eau. Il est bon lors de cette étape de prendre en considération les besoins futurs concernant tous les changements anticipés, comme la croissance ou la diversification des activités agricoles.

2) **Dresser l’inventaire des sources d’eau**
   La seconde étape consiste à dresser l’inventaire de toutes les sources d’eau disponibles. Plusieurs exploitations agricoles ont recours à plus d’une source d’eau. Il faut prendre en considération le taux de production et la capacité de stockage de chaque source d’eau, et tout problème antérieur afférent à la quantité d’eau disponible et à sa qualité. Si le réservoir doit être l’unique source d’eau dans le cadre d’un usage particulier, il faut alors pondérer les incertitudes rattachées aux estimations du volume de l’écoulement de

surface. Au Canada Atlantique, il est recommandé que tous les réservoirs soient construits de façon à contenir une réserve en eau équivalant à six mois ou un an d'exploitation. Dans les cas où un réservoir n'est pas essentiel aux opérations, ou si des sources d'eau secondaires sont exploitables, un réservoir de petites dimensions peut suffire.

Planifier l'utilisation des terres en vue de préserver les sources d'eau

Les activités exercées dans une zone où se trouve un bassin hydrographique entraînent des répercussions sur la quantité d'eau qu'il recueille et sa qualité. Il est bon d'évaluer les pratiques agricoles et de les modifier, le cas échéant, là où elles peuvent le plus nuire à la qualité de l'eau de ruissellement afin d'accroître le rendement du réservoir.

Questions relatives au financement et aux lois

Avant de construire un réservoir, il est important de bien connaître les restrictions légales pouvant s'appliquer. Les titres de propriété des eaux de surface et souterraines sont dévolus par les provinces. Dans la plupart des ressorts territoriaux, municipaux et provinciaux, il est nécessaire d'obtenir un permis pour le puisage et le stockage d'une certaine quantité d'eau. Il existe également des règles stipulant que les réservoirs doivent être aménagés à une certaine distance des voies publiques (marge de recul). L'ensemencement des réservoirs est également règlementé afin de minimiser les risques d'introduction de maladies et d'espèces étrangères dans les voies d'eau naturelles. Avant de construire un réservoir, il faut d'abord consulter les autorités compétentes afin de s'assurer que les travaux seront réalisés conformément aux lois et règlements en vigueur. Il est également recommandé d'obtenir suffisamment à l'avance l'approbation des autorités pour ne pas retarder les travaux de construction.

Les gouvernements provincial et fédéral offrent une assistance technique en ce qui a trait à la construction ou à l'amélioration de réservoirs agricoles. Certains projets sont même éligibles à une aide financière. Les lois et l'aide au financement disponible varient selon les provinces.

Source d'approvisionnement des réservoirs agricoles

Il est essentiel qu'un réservoir agricole soit aménagé de façon à puiser toute la quantité d'eau requise aux activités agricoles. On doit prendre en considération plusieurs détails lorsque vient le temps de choisir un site et il faut inévitablement faire certains choix et compromis en ce qui a trait aux divers facteurs conflictuels en présence. Ces efforts en valent cependant la peine, car il s'agit d'un aménagement qui sera assurément exploité durant plusieurs années.

Eaux de ruissellement des bassins hydrographiques

Les particularités de l'aire de drainage et les activités qui y sont exercées influent sur la quantité d'eau disponible et sa qualité. L'élément le plus important à considérer lorsque vient le temps de déterminer la quantité potentielle d'eau de ruissellement qui s'écoulera dans un réservoir est l'étendue de l'aire de drainage ou du bassin hydrographique qui l'alimentera. De plus, le type de sol, son utilisation, la topographie et le tapis végétal influent tous sur la quantité totale d'eau qui s'écoulera dans le réservoir.

Afin de mieux estimer la quantité d'eau que peut fournir un bassin hydrographique donné, le Tableau 1 présente les caractéristiques de production de chaque type d'écoulement de surface. Le Tableau 2 présente les estimations des débits de pointe correspondants à chaque type d'écoulement de surface (extrême, fort, normal et faible).

Cours d'eau

Les cours d'eau permanents constituent une source d'approvisionnement en eau fiable. L'eau recueillie durant les périodes à fort débit peut être emmagasinée et servir lors des périodes à forte demande ou de sécheresse. Le débit de l'eau de ruissellement atteint son point culminant à la fin de la saison hivernale et au début du printemps. D'importantes quantités d'eau peuvent être emmagasinées dans les réservoirs agricoles au cours de cette période à fort débit en vue d'être utilisées durant la saison de croissance.

Comment déterminer la taille d'un réservoir

La taille d'un réservoir doit être déterminée selon la quantité d'eau qu'il devra recueillir et contenir pour satisfaire aux besoins de l'exploitation agricole tout en tenant compte des pertes potentielles dues à l'évaporation.

La figure 8 (Taille d'un réservoir en fonction de la quantité d'eau disponible) illustre bien la nécessité de déterminer correctement la taille d'un réservoir afin qu'il puisse fournir une source d'eau fiable. Dans l'exemple qui nous intéresse, le réservoir n'a pas recueilli d'eau de ruissellement depuis deux ans. La coupe transversale nous montre à quel point la réserve d'eau utile est réduite en raison des activités agricoles, de la pénurie d'eau de ruissellement, de l'évaporation (été) et de la formation de glace (hiver). En plus de ces pertes, l'eau se trouvant au fond du réservoir sera à ce point de mauvaise qualité qu'elle sera jugée comme étant morte et ne pourra être utilisée.

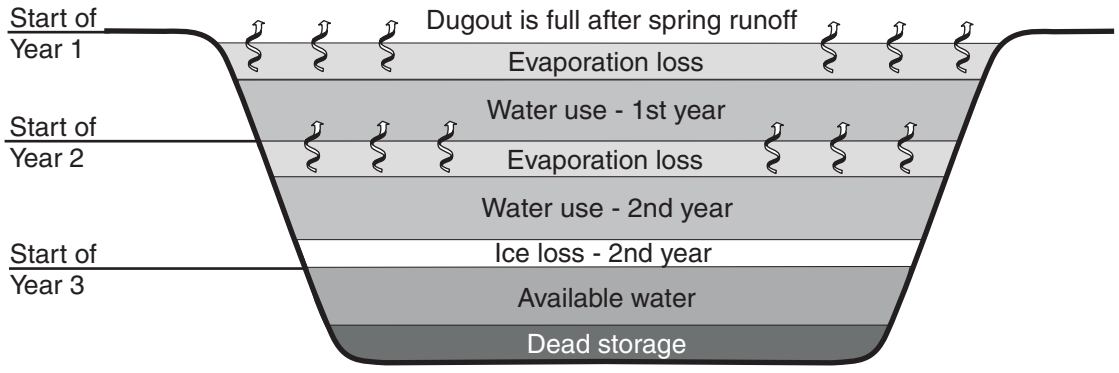
Tableau 1. Caractéristiques de production d'eau de ruissellement des bassins hydrographiques*

Type	**Caractéristiques de production d'eau de ruissellement**			
	Topographie	*Type de sol*	*Tapis végétal*	*Stockage à la surface*
Extrême	Terrain escarpé et accidenté avec pentes moyennes de plus de 30 % de dénivellation.	Couverture peu efficace; sol composé de roches ou d'une mince couverture pédologique à faible capacité d'infiltration.	Tapis végétal dénudé, peu efficace ou peu dense.	Négligeable; dépressions peu nombreuses et peu profondes; voies de drainage escarpées et petites; absence d'étangs ou de marais.
Fort	Terrain montagneux avec pentes moyennes de 10-30 % de dénivellation.	Absorption lente; argile ou autre sol à faible capacité d'infiltration.	Pauvre à modéré; le tapis naturel des terres cultivables est pauvre; moins de 10 % de l'aire de drainage se trouve sous un bon tapis.	Faible; existence d'un système de voies de drainage bien défini; absence d'étangs ou de marais.
Normal	Houleux avec pentes moyennes de 5-10 % de dénivellation.	Normal, limoneux et grossier.	Modéré à abondant; environ 50 % de l'aire de drainage est composée de sols de prairie, de forêts-parcs ou de tapis équivalents de bonne qualité; moins de 50 % de l'aire est composée de terres cultivables.	Normal; stockage superficiel considérable; présence de lacs, d'étangs ou de marais (moins de 2 % de l'aire de drainage).
Faible	Terrain relativement plat avec pentes moyennes de 0-5 % de dénivellation.	Sables et autres sols ayant la capacité d'absorber l'eau rapidement et facilement.	Abondant à très dense; environ 90 % de l'aire de drainage est composée de sols de prairie, de forêts-parcs ou de tapis équivalents de bonne qualité.	Important; dépressions considérables; système de drainage indéfini; grande plaine inondable ou nombreux lacs, étangs ou marais;

Tableau 2. Débits de pointe approximatifs (par seconde) des bassins hydrographiques de divers types et dimensions*

Aire de drainage		Type d'écoulement de surface							
		Extrême		*Fort*		*Normal*		*Faible*	
Hectares	Acres	L	Gal	L	Gal	L	Gal	L	Gal
2	5	218	48	182	40	82	18	23	5
4	10	381	84	304	67	132	29	36	8
6	15	545	120	431	95	186	41	50	11
8	20	704	155	545	120	236	52	59	13
10	25	863	190	658	145	291	64	68	15
12	30	1022	225	772	170	341	75	82	18

*Renseignements tirés de *Farm Ponds, ACAE Pub. Nº 6 Agdex – 754*



Début de la première année - *La mare-réservoir est remplie par l'écoulement de surface printanier*

- *Pertes dues à l'évaporation*

- *Eau utilisée lors de la première année*

Début de la deuxième année - *Pertes dues à l'évaporation*

- *Eau utilisée lors de la deuxième année*

- *Pertes dues à la congélation (deuxième année)*

Début de la troisième année - *Eau disponible*

- *Emmagasinement d'eau morte*

Figure 8. Taille d'un réservoir en fonction de la quantité d'eau disponible.

Comme nous l'avons expliqué précédemment, le volume de l'écoulement de surface est déterminé par la quantité d'eau de ruissellement que produisent la fonte des neiges et les précipitations, par le type de sol, par la quantité d'eau qui se trouve dans la zone d'aération et par la topographie. L'écoulement de surface varie considérablement selon les années. Il faut prendre en considération les incertitudes rattachées aux estimations du volume de l'écoulement de surface lorsque vient le temps de déterminer la taille d'un réservoir. Si un bassin hydrographique est trop petit et risque de ne pas approvisionner suffisamment un réservoir, deux choix s'offrent à vous : 1) trouver un plus grand bassin hydrographique, ou 2) trouver un bassin hydrographique additionnel et aménager un second réservoir. Il est recommandé de consulter un hydrologue avant de prendre toute décision à cet égard.

Il faut également prendre en considération le taux d'évaporation lorsque vient le temps de déterminer la taille d'un réservoir. Chaque année, au Canada Atlantique, les réservoirs gagnent en moyenne 1,1 m d'eau grâce aux précipitations et en perdent 0,5 m en raison de l'évaporation (un gain net d'environ 0,6 m par an). La forme du réservoir influe également sur sa capacité de stockage. À capacité égale, un réservoir profond essuiera moins de pertes qu'un réservoir peu profond – la superficie du dernier étant plus importante, l'eau se trouvant à sa surface est davantage soumise à une évaporation. Durant la saison hivernale, les réservoirs gèlent et une partie de l'eau emmagasinée ne peut être utilisée. L'épaisseur de la glace peut atteindre de 60 à 90 cm, ce qui peut représenter 20 à 40 pour cent du volume total. Règle générale, les températures plus froides épaississent davantage la couche de glace recouvrant les réservoirs, réduisant du même coup l'eau disponible. Cependant, ce phénomène peut être neutralisé par les précipitations de neige qui ont pour effet d'isoler les couches de glace, les empêchant ainsi de gagner en volume.
Voici quelques volumes recommandés selon divers usages :

- Bétail
    - Bovins – abreuvement seulement : 2770 L (500 gal)/mois/animal
    - Bovins – abreuvement et hygiène : 6810 L (1500 gal)/mois/animal
    - Porcs : 454 L (100 gal)/mois/animal
    - Moutons : 454 L (100 gal)/mois/animal
    - Volaille : 1816 L (400 gal)/mois/100 oiseaux
- Protection contre les incendies : 454 000 L (100 000 gal)
- Irrigation : selon la superficie des terres cultivables nécessaires. Notez que 1 acre-pouce équivaut à 102 650 L (22 610 gal)

Gestion de la qualité de l’eau et des bassins hydrographiques

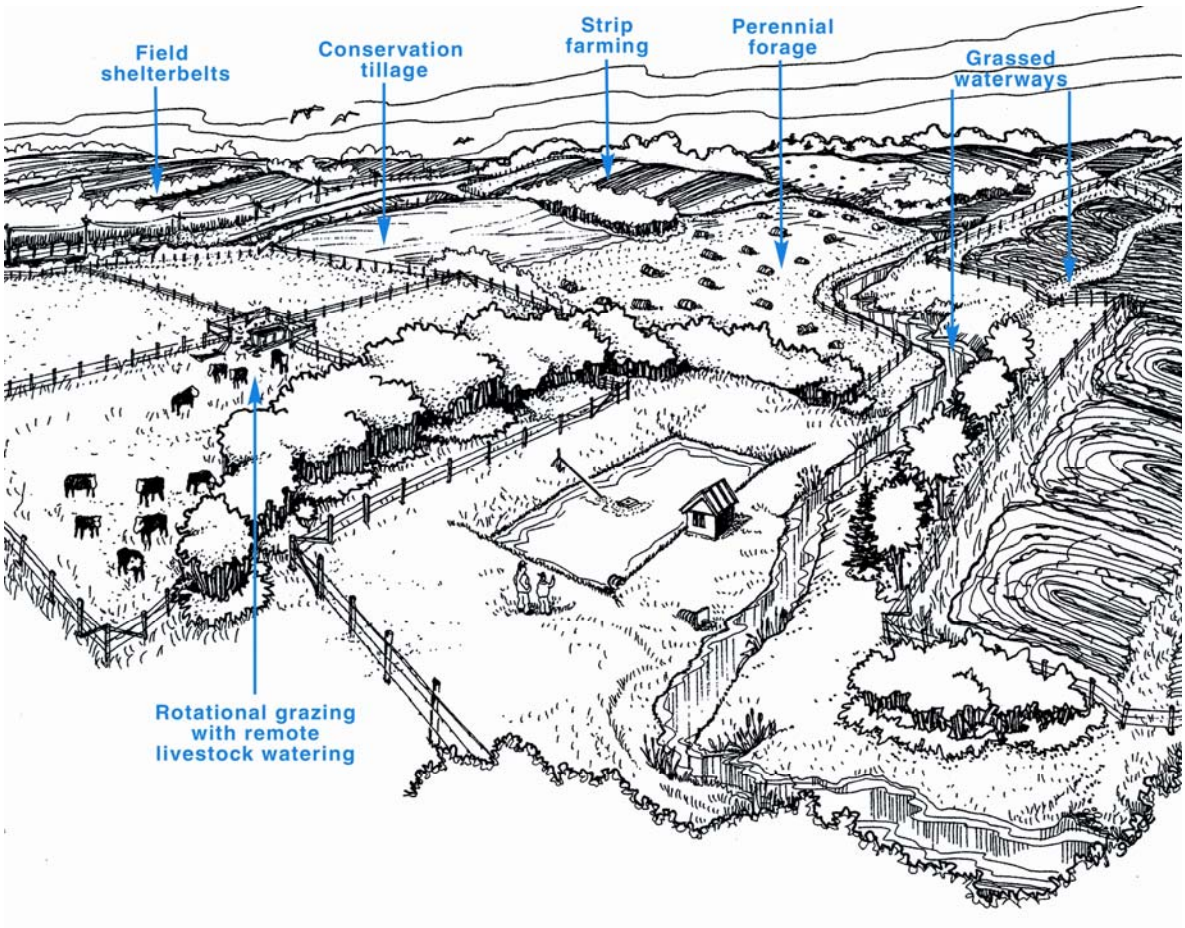
La bonne gestion des bassins hydrographiques est primordiale pour assurer un approvisionnement en eau de bonne qualité. L’application des pratiques de gestion bénéfiques (**PGB**) sur les lieux de l’aire de drainage ou du bassin-versant peut minimiser les risques de contamination. La contamination peut survenir par l’entremise de plusieurs phénomènes :

- L’introduction d’éléments nutritifs provenant de sources naturelles, d’engrais et de fumier dans un réservoir stimule la croissance des algues et des plantes;
- Les pesticides peuvent contaminer les eaux lorsqu’ils ne sont pas manipulés, utilisés ou rangés correctement. Ils peuvent être présents dans l’eau de ruissellement provenant de champs récemment traités. Le vent peut également transporter les pesticides sur de longues distances et ainsi contaminer les plans d’eau avoisinants;
- L’eau de ruissellement provenant des aires de confinement du bétail est généralement riche en substances nutritives et la plupart du temps contaminée par la présence de bactéries, virus et parasites;
- Les sites d’enfouissement aménagés dans un endroit inapproprié ou les installations d’entreposage inadéquates peuvent contaminer l’eau d’un réservoir par l’entremise de carburants, de peinture, d’agents solvants et d’autres produits chimiques nocifs;
- L’érosion hydrique peut faire en sorte que l’eau de ruissellement s’écoulant dans un réservoir contienne divers minéraux, substances nutritives et pesticides. Les pentes longues et abruptes, qui ne se retrouvent pas sous le tapis permanent, sont plus sensibles à l’érosion. Même les sols relativement plats ne sont pas à l’abri de l’érosion hydrique, surtout lors de l’écoulement printanier ou lorsque de fortes précipitations surviennent. Les sols limoneux sont également très sensibles à l’érosion. Les particules solides en suspension qui se retrouvent dans l’écoulement de surface créent une turbidité dans les réservoirs, causant ainsi divers problèmes dans les réseaux de distribution d’eau, ce qui a pour effet d’augmenter les coûts rattachés au traitement.
- L’érosion éolienne peut contaminer un réservoir lorsque le vent souffle les débris provenant de terrains adjacents ou de zones de bétail. Les sols sablonneux et argileux lourds sont les plus sensibles à l’érosion éolienne.

Pratiques de gestion bénéfiques à observer dans les aires de drainage (PGB)

Comme l’illustre la figure 9 (Exemple de bassin hydrographique où l’on observe des pratiques de gestion bénéfiques), les PGB suivantes aident à réduire les risques de contamination et les effets causés par l’érosion :

- Les champs agricoles sur lesquels on pratique des cultures annuelles sont plus sensibles à l'érosion hydrique et éolienne, plus particulièrement lorsque le tapis de résidus est pauvre durant la saison hivernale et au début du printemps. Certaines pratiques visant à protéger le sol de surface sont très efficaces pour enrayer l'érosion :
    - Ensemencer les sols propices à l'érosion en vue de développer des cultures fourragères vivaces;
    - Recourir à des méthodes culturales de conservation du sol;
    - Conserver les débris végétaux à l'automne;
    - Pratiquer la culture de couverture d'hiver;
    - Effectuer une rotation des cultures qui fournissent peu et beaucoup de matières résiduaires.
- Pratiques permettant de freiner l'érosion hydrique en réduisant le débit des eaux superficielles :
    - Engazonnement des voies d'eau;
    - Culture en courbes de niveau.
- Pratiques permettant de freiner l'érosion éolienne en réduisant la vitesse et la force du vent :
    - Culture en bande alternante (alternance entre les cultures annuelles et vivaces);
    - Construction et entretien de coupe-vents.
- Une gestion prévisionnelle adéquate en matière de substances nutritives permet de minimiser la quantité d'engrais à épandre dans les aires de drainage. Gérer adéquatement les substances nutritives consiste à épandre que la quantité d'engrais nécessaire pour combler le déficit en substances nutritives que ne peut fournir un sol dans le cadre d'une culture donnée.



Field shelterbelts = Coupe-vents
Conservation tillage = Méthodes culturales de conservation du sol
Strip farming = Culture en bande alternante
Perennial forage = Culture fourragère vivace
Grassed waterways = Voies d'eau gazonnées
Rotational grazing with remote livestock watering = Pâturage en rotation avec système d'abreuvement éloigné

Figure 9 : Exemple de bassin hydrographique où l'on observe des pratiques de gestion bénéfiques

- Les principes de la gestion intégrée des parasites (IMP – acronyme anglais pour *Integrated Pest Management*) permettent de minimiser l'usage de pesticides dans les aires de drainage. Ce système de gestion prône l'application de diverses pratiques de gestion et mesures de contrôle.
- En utilisant un réseau d'abreuvement éloigné, le bétail n'a donc pas directement accès au réservoir ou à l'aire de drainage qui l'approvisionne en eau.
- Gérer adéquatement l'épandage du fumier réduit également les risques de contamination. Comme pour les engrais chimiques, il ne faut épandre que la quantité de fumier

nécessaire pour combler le déficit en substances nutritives que ne peut fournir un sol dans le cadre d'une culture donnée.
- Gérer adéquatement le bétail consiste à éviter le surpâturage, car les sols dépouillés de leur végétation sont plus propices à l'érosion.

Choix de l'emplacement d'un réservoir

Choisir l'emplacement d'un réservoir afin qu'il puisse recueillir suffisamment d'eau est primordial et d'autres facteurs doivent également attirer votre attention lors de cette étape fondamentale.

Proximité des zones d'usage des eaux

L'aménagement d'un réservoir à proximité des endroits où l'eau sera utilisée permet de minimiser les coûts reliés à la construction et à l'entretien des canalisations et à l'utilisation des pompes à moteur.

Proximité d'une source d'alimentation électrique

La plupart des pompes des réseaux d'acheminement de l'eau se trouvent près des réservoirs. La proximité d'une source d'alimentation électrique permet de réduire les coûts reliés à l'aménagement de lignes de transport d'électricité s'étendant sur de longues distances. L'accès immédiat à une source d'alimentation permet également d'aménager un système d'aération électrique.

Arbres

La présence d'arbres dans des endroits stratégiques permet de piéger d'importantes quantités de neige durant la saison hivernale, augmentant ainsi le volume de l'écoulement printanier. Toutefois, les arbres vivant trop à proximité des réservoirs peuvent faire écran au vent, l'empêchant ainsi de remplir un de ses rôles utiles qui est de remuer l'eau emmagasinée. Les arbres réduisent également le rendement de tout dispositif-mélangeur éolien. Les feuilles et les brindilles que les arbres laissent tomber et qui se déposent dans les réservoirs favorisent la croissance de plantes nuisibles et d'algues, ce qui a un impact négatif direct sur la qualité de l'eau. Les arbres de grande taille vivant à proximité des réservoirs peuvent, à l'aide de leurs racines, consommer une importante quantité d'eau emmagasinée. Il est recommandé de ne pas aménager un réservoir à moins de 50 m (160 pi) d'arbres à feuilles caduques et à moins de 20 m (65 pi) d'arbustes ou de conifères.

Proximité d'autres sources d'eau

Il est recommandé d'aménager un réservoir à proximité d'une autre source d'eau si les conditions s'y prêtent. Il est possible d'améliorer la qualité de l'eau d'un réservoir en la diluant avec de l'eau puisée dans un ruisseau, par exemple.

Risques de contamination

Il convient d'éviter la proximité de sites qui pourraient être touchés par des eaux de ruissellement ou par une dégradation hydrologique :

- Aires d'entreposage de fumier;
- Aires de confinement du bétail;
- Aires d'évacuation des eaux usées;
- Aires d'entreposage d'engrais et de pesticides;
- Champs d'épuration;
- Sites commerciaux et industriels.

Module 4 – Conception et construction

Concevoir un réservoir

La conception et la gestion adéquate des réservoirs agricole peuvent avoir d'importantes répercussions sur la qualité de l'eau. Les divers choix de conception permettent aux propriétaires de gérer l'arrivée d'eau de leur réservoir dans le but d'y emmagasiner que de l'eau de la plus haute qualité. Comme l'illustre la figure 10 (Exemple de réservoir conçu selon les pratiques de gestion bénéfiques), une fois l'écoulement de surface recueillie, une gestion rigoureuse permet d'éviter que la qualité de l'eau ne se détériore.

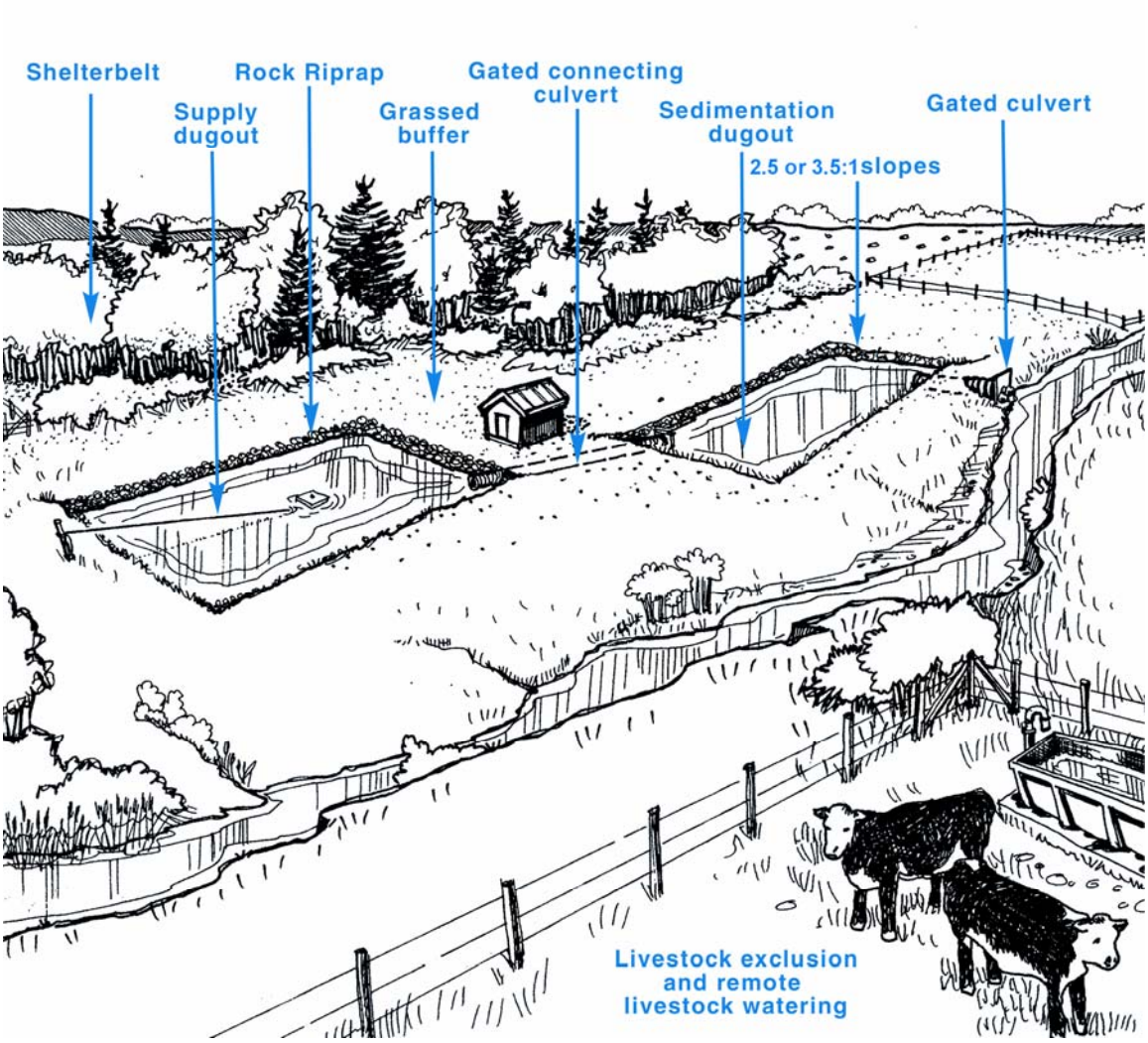


Figure 10 : Exemple de réservoir conçu selon les pratiques de gestion bénéfiques

Pentes

Idéalement, l'inclinaison des parois latérales des réservoirs agricoles devrait être de 2.5 ou 3.5:1, alors que celle des parois d'extrémité devrait être de 4:1. Ces caractéristiques sont déterminées selon les conditions du sol et le matériel de construction disponible. Grâce à l'équipement que nous avons désormais à la portée de la main, il est maintenant facile de creuser plus profondément dans le sol et de créer des pentes plus abruptes. Ces dernières freinent la croissance de massettes et d'autres plantes aquatiques qui contribuent à la production de matières organiques et de substances nutritives dans les plans d'eau. Cependant, un réservoir muni de quatre parois abruptes peut présenter des risques pour la sécurité. Il est recommandé de clôturer

les réservoirs afin que le bétail n'y ait pas accès. Un appareil de flottaison devrait également être mis à la disposition des enfants et adultes pour les protéger contre les risques de noyade.

Lutte contre l'érosion

Les activités de construction génèrent des déblais. Les déblais qui se retrouvent aux abords d'un réservoir peuvent s'éroder ou s'affaisser dans l'eau. Ils peuvent aussi agir comme coupe-vents, empêchant ainsi le vent de remuer l'eau, ce qui a pour effet de réduire sa teneur en oxygène dissous. Il est recommandé de niveler les déblais entourant un réservoir afin de stabiliser les bords de ce dernier et de les engazonner pour créer un filtre qui permettra de réduire l'entrée d'éléments nutritifs et de débris. Bien que la largeur idéale des zones de protection gazonnées varie selon chaque site, il est recommandé qu'elle soit de 10 m **au moins**.

Bien protéger les parois latérales et d'extrémité d'un réservoir contre l'érosion que provoque l'action des vagues permet d'accroître sa durée de vie. L'agencement de gazon, de roches (souvent appelé **enrochement de protection**), de plastiques lourds et de matériaux **géotextiles** permet d'assurer une telle protection. Les enrochements de protection peuvent aussi dissuader les rats musqués de s'établir aux abords d'un réservoir.

Ouvrages d'entrée

Il est possible de construire une digue ou une buse à vanne réglable afin de mieux contrôler l'arrivée d'eau. Il est possible d'éviter que de l'eau de mauvaise qualité ne s'introduise dans le réservoir. Le premier écoulement de surface que produisent les champs cultivés lors de la fonte des neiges contient généralement une forte teneur en oxygène dissous et en phosphore. Bloquer l'accès à cette première quantité d'eau permet d'améliorer la qualité de l'eau d'un réservoir. Détourner cette eau d'un réservoir n'est utile que s'il y a beaucoup plus d'écoulement de surface qu'il n'en faut pour le remplir. Il convient de maintenir la prise d'eau fermée une fois le réservoir rempli. Cette mesure empêche les substances nutritives et les sédiments que transporte l'écoulement de surface produit par les pluies printanières et estivales de s'introduire dans le réservoir. Si le réservoir est rempli par pompage, il est alors approprié de prendre les mesures nécessaires pour éviter que l'érosion ne gruge le bord se trouvant au point de déversement.

Ouvrages de sortie et déversoirs

Les sorties d'eau d'un réservoir constituent des composantes essentielles, car elles permettent de contrôler le débit de l'eau qui y sort. La sortie d'eau principale consiste en un tuyau vertical soudé à un tuyau horizontal (tube allonge) passant dans la digue du réservoir. Cette sortie achemine l'eau à l'extérieur du réservoir lors des périodes de débit normal afin de maintenir le niveau d'eau. De plus, il convient d'utiliser un déversoir de secours lors des périodes de fort débit pour éviter que l'eau ne déborde du réservoir et cause des dommages à sa structure ou à la zone se trouvant à proximité du point de déversement. Une structure crantée faite de gazon, de

béton ou de roches peut être utilisée pour réduire l'énergie de l'eau quittant le réservoir. Un circuit de tuyautage peut également être approprié. L'inclinaison et la longueur de la structure du déversoir doivent être conçues selon les dimensions de l'aire de drainage, la végétation existante et la taille du réservoir. Elles doivent également être conçues pour suffire aux précipitations les plus importantes, telles celles qui ne surviennent qu'une fois tous les cent ans. Règle générale, il convient de construire le déversoir de secours de manière à ce que sa structure soit située au-dessus de la sortie d'eau principale à environ 60 cm (2 pi) en dessous de la surface du réservoir. Il est recommandé qu'un expert évalue ces critères de conception, car toute défaillance pourrait causer des dommages à la propriété du propriétaire, aux infrastructures publiques et aux propriétés avoisinantes.

Exclusion du bétail

Permettre au bétail de s'abreuver à même un réservoir compromet sa durée de vie et la qualité de l'eau qu'il contient. Les substances nutritives provenant des fumiers stimulent la croissance de végétaux et l'action des sabots du bétail endommage les bords des réservoirs. Il est recommandé de clôturer les réservoirs et d'abreuver le bétail au moyen d'un réseau éloigné. Le bétail sera ainsi en sécurité, le réservoir protégé et la qualité de son eau préservée. Il existe plusieurs possibilités en ce qui a trait à l'abreuvement du bétail au moyen d'un réseau éloigné. Dans le cas des réservoirs aménagés loin des sources d'alimentation en électricité, les sources alternatives comme les éoliennes, panneaux solaires, réseaux gravitaires et équipements à traction animale, tels que les pompes à pacage, s'avèrent les options de choix.

Réservoirs de décantation

La majeure partie des matières qui s'introduisent dans un réservoir par l'entremise de l'écoulement de surface demeure en suspension. Si on laisse l'eau stagner, presque la totalité des débris et matières en suspension ira se déposer au fond du réservoir. Aux endroits où le sol est grandement propice à l'érosion, et si le paysage terrestre et le budget le permettent, il convient de construire deux réservoirs adjacents l'un à l'autre. Le premier réservoir sert dans ce cas-ci de bassin de décantation. On peut alors pomper l'eau de surface de haute qualité dans le réservoir principal ou la laisser s'y introduire par gravité.

Dans le cas où l'on remplace un ancien réservoir par un nouveau, il peut être utile de conserver le premier pour en faire un bassin de décantation. Le nouveau réservoir peut ainsi être aménagé de manière à ce que l'ancien réservoir l'approvisionne en eaux décantées. Il est souvent plus avantageux et économique de choisir cette solution que de procéder à l'assainissement de l'ancien réservoir.

Construction d’un réservoir

Essais pré-construction

On retrouve des couches de sable, de limon et de gravier près du sol de surface dans plusieurs régions du Canada Atlantique. Plusieurs de ces couches peuvent contenir une quantité d’eau de ruissellement s’étant infiltrée par la surface. Bien que plusieurs personnes soient d’avis qu’il n’est pas nuisible que l’eau s’infiltre dans un réservoir par ses parois, ces lentilles de sables et de limons peuvent causer divers problèmes. Elles permettent principalement à l’eau de s’échapper du réservoir, ce qui peut avoir de graves conséquences sur les réserves d’eau durant les périodes de sécheresse. De plus, l’eau à forte teneur en minéraux s’infiltrant dans un réservoir peut compromettre la qualité de l’eau de ruissellement qui y est emmagasinée.

Afin d’éviter d’avoir à faire face à ces lentilles sableuses, il convient d’effectuer 5 ou 6 forages d’essai ou de creuser un nombre équivalent de puits de reconnaissance avant de procéder aux travaux d’excavation d’un réservoir. Ces forages doivent être effectués à l’extérieur et à l’intérieur de la zone d’aménagement envisagée. Ils doivent être plus profonds de 1,2 à 1,5 m (4 à 5 pi) que la profondeur prévue du réservoir. Afin de sonder le sol convenablement, les forages ne doivent pas être distancés de plus de 30 m (100 pi). Ces essais permettront également de déterminer si la nappe phréatique et le substrat rocheux sont peu profonds et quels équipements de construction conviendront dans les circonstances.

Méthodes et matériaux de scellement à grande échelle

Si les couches de sable sont très présentes dans la zone d’aménagement envisagée et qu’aucun autre site ne convient, il sera alors approprié d’effectuer des forages additionnels afin de déterminer l’étendue des couches de sable et les moyens à prendre pour rendre les parois du réservoir étanche. Dans certains cas, il est préférable de choisir un autre site où les conditions de sol sont plus favorables. Dans d’autres cas, il s’agit simplement de surexcaver la zone en question et de la remblayer avec de l’argile gonflante. En ce qui a trait aux zones plus importantes, il convient de résoudre les problèmes d’étanchéité au moment de la construction. Si l’on croit que l’étanchéité du réservoir peut être problématique, alors la plupart des méthodes de scellement nécessiteront de construire des parois moins abruptes (environ 3:1) afin d’appliquer le traitement requis. Il est recommandé de consulter un spécialiste des sols ou un hydrologue si le scellement à grande échelle s’impose.

Sous-couche d’argile

Si vous disposez d’une source suffisante d’argile lourde, vous pouvez en étendre sur la zone problématique et la compacter afin de créer une couche imperméable. Le compactage de l’argile s’effectue généralement au moyen de rouleaux à pieds de mouton ou de tambours à pieds

dameurs. On applique, au moyen de ces derniers, de fortes pressions sur l'argile afin de la compacter et de la rendre imperméable. Il faut prendre soin de ne pas compacter des couches d'argile de plus de 15 cm à la fois pour garantir un compactage de grande qualité. Si le sol est sec, il faut ajouter de l'eau lors de la procédure de compactage. D'une façon générale, il est nécessaire de compacter l'argile à six reprises pour obtenir une étanchéité adéquate. L'épaisseur de la sous-couche d'argile varie selon le type d'argile utilisée, mais doit être de 45 à 90 cm au moins.

Bentonite

La bentonite est un type d'argile très expansible souvent utilisé pour rendre étanches les parois de réservoirs, fosses et bassins. Lorsque le réservoir se remplit d'eau, la bentonite augmente en volume et forme ainsi une couche imperméable.

Additif de chlorure de sodium

Si la teneur en argile du sol excède 20 %, il convient d'y incorporer un composé sodique comme le chlorure de sodium pour le rendre étanche. Si l'on doit recourir à cette méthode, il faudra d'abord effectuer des essais afin de déterminer la teneur en argile du sol et la quantité de composés sodiques requise.

Doublures en plastique

Bien que les doublures en plastiques empêchent l'eau de suinter, elles sont dispendieuses et doivent être installées selon les directives de leur fabricant. Certaines doublures en plastique offrent une protection contre les rayons ultraviolets et sont garanties 10 ans. Pour que ces couches durent plus longtemps, elles doivent être plus épaisses ou recouvertes d'une couche de sable. Si elles doivent être recouvertes de sable, les pentes des parois ne doivent pas être trop abruptes. Toute déchirure dans une doublure de plastique peut compromettre son efficacité. Dans certains cas, l'air emprisonné sous la couche peut faire remonter cette dernière à la surface. Lorsque la nappe d'eau se trouve près de la surface du sol, il faut installer des canaux de drainage afin d'abaisser celle-ci. Cela permet d'éviter que la pression d'eau souterraine ne soulève la doublure et la fasse flotter à la surface du réservoir.

Gleyification

Comme solution de rechange aux méthodes traditionnelles de scellage, on peut rendre un réservoir étanche au moyen d'un processus appelé **gleyification**. Ce processus consiste à recouvrir le fond d'un réservoir d'une couche d'environ 15 cm de paille hachée. On recouvre alors la couche de paille d'une couche de 6 cm d'argile compactée. À mesure que la paille se décompose sous des conditions anaérobies et appauvries en oxygènes, se forme alors une

substance caoutchouteuse d'un bleu grisâtre qui a pour effet de se loger entre les particules du sol, le rendant ainsi étanche. Comme ce sont les bactéries qui se chargent de décomposer la matière, ce processus prend tout de même un certain temps à s'achever. L'eau suintera jusqu'à ce que le processus soit complété et le réservoir entièrement étanche.

Tranchée périmétrique

Si l'on retrouve des lentilles de sable et de gravier que dans la partie supérieure de la zone excavée, il peut être approprié d'aménager une tranchée parafouille. Il faut alors creuser une tranchée périmétrique de même profondeur que le fond du réservoir. La tranchée doit être remplie d'argile de bonne qualité pour ainsi former un écran d'étanchéité autour du réservoir. Si le sol en présence possède une forte teneur en argile et ne contient que de menues couches de sable ou de gravier, il peut être approprié de mélanger les déblais, de les remettre dans la tranchée et de les compacter. Comme il n'y aura plus de couches continues de sable et de gravier, le réservoir sera étanche. S'il est impossible d'utiliser de l'argile, il peut convenir de construire un rideau de protection à l'aide d'un tissu à trame et à chaîne de résine polyéthylène.

Outillage de creusage

Excavatrices

Les excavatrices sont de grandes pelles rétrocaveuses à chenilles pneumatiques de type tracto-chargeur offrant maniabilité et flottabilité. Comme ces engins polyvalents sont maintenant plus accessibles et plus faciles à transporter et à manœuvrer, leur utilisation s'est accrue au fil des ans. Les excavatrices ont la capacité d'excaver de grandes quantités de matériaux en peu de temps. De plus, elles ont la capacité d'accomplir leur besogne en manœuvrant à l'extérieur de l'excavation – elles n'ont pas à y entrer et y sortir pour extraire les matériaux.

Les excavatrices permettent également d'aménager les parois latérales et d'extrémité selon un même angle d'inclinaison. Elles s'avèrent les plus efficaces pour extraire les matériaux humides. Le principal désavantage que présente ce type d'engin est la portée de son bras qui impose une certaine limite à la largeur du réservoir. Certains des nouveaux modèles sont munis d'un bras extensible et peuvent excaver des réservoirs de 18 à 21 m de largeur. En raison de leur portée restreinte, les matériaux extraits sont du même coup déposés à proximité du réservoir. Il y a donc risque que les bords du réservoir s'affaissent en raison du poids additionnel qu'ils ont à soutenir. Comme il n'est pas pratique de déplacer et étendre les matériaux de déblai à l'aide d'une excavatrice, ceux-ci présentent certains problèmes. Pour les réservoirs plus larges et plus profonds, il peut convenir de déplacer le matériel retiré une fois l'excavation terminée, à l'aide de l'excavatrice. La meilleure solution demeure d'utiliser un bulldozer pour déplacer le matériel retiré afin de libérer les bords du réservoir. Les déblais peuvent être utilisés pour remblayer la

partie inférieure d’un réservoir ou pour construire une digue qui servira à contrôler le débit d’eau.

Racleuses et décapeuses

Les racleuses et décapeuses sont des engins de grandes tailles utilisés pour extraire la terre et la transporter. Les décapeuses sont munies de pneus en caoutchouc et ont l’avantage de pouvoir déplacer d’importantes quantités de terre en peu de temps. Elles peuvent transporter la terre vers d’autres endroits où cette dernière pourra être utilisée pour construire une digue ou à des fins d’aménagement de paysages. À mesure que l’excavation gagne en profondeur, et que le sol devient plus tassé, ce type d’engin peut présenter certains problèmes de traction et l’on doit souvent recourir à un bulldozer muni de dents défonceuses pour décompacter le sol. Les racleuses à chenilles n’ont pas l’avantage d’effectuer les travaux d’excavation rapidement, mais possèdent une meilleure traction et peuvent œuvrer dans des conditions de sol plus diversifiées. Le principal désavantage que présentent ces engins est la nécessité de prévoir un passage peu abrupt pour qu’ils puissent entrer et sortir de l’excavation. Il est donc recommandé de rendre les parois du réservoir plus abruptes, une fois l’excavation achevée, au moyen d’une excavatrice.

Bulldozers

Il est possible d’excaver un réservoir en utilisant seulement un bulldozer. Par contre, cela exige beaucoup de temps et les déblais laissés aux abords et extrémités du réservoir peuvent causer certains ennuis. Ces engins sont également limités dans des conditions de sol humide. Cependant, grâce à leur traction, ils peuvent œuvrer sur divers types de sol. Comme pour les autres équipements de raclage, il est nécessaire de prévoir un passage peu abrupt pour qu’ils puissent entrer et sortir de l’excavation. Il est donc recommandé de rendre les parois du réservoir plus abruptes, une fois l’excavation achevée, au moyen d’une excavatrice.

Chois d’un maître d’œuvre

Expérience

Même si à première vue l’excavation d’un réservoir semble être un jeu d’enfant, la manière dont il sera construit déterminera sa durée de vie et son rendement. Par exemple, l’inclinaison des parois latérales sera déterminée selon le type de sol. Plus un sol est sableux ou limoneux, moins les parois doivent être inclinées afin d’éviter qu’elles ne s’affaissent. Dans le même ordre d’idées, les poches ou les filons de sable découverts lors des travaux d’excavation devront probablement être étanchéisés. Un maître d’œuvre expérimenté sera en mesure d’identifier ces types de problème et de proposer diverses solutions de rechange. Il est également possible

d’obtenir une aide technique plus adéquate en consultant un hydrologue ou un spécialiste des sols.

Références

Un maître d’œuvre sérieux et compétent devrait être en mesure de fournir la liste de ses clients antérieurs. Ces références permettent de vérifier si ces clients sont satisfaits des travaux réalisés et des techniques de construction préconisées, si leurs réservoirs fonctionnent adéquatement et si divers problèmes sont survenus depuis.

Équipement

Les équipements disponibles dans une région influent également sur le choix d’un maître d’œuvre. Les équipements ne doivent pas seulement être en bon état, mais ils doivent également convenir au site sur lequel seront effectués les travaux. D’importants coûts peuvent s’ajouter si l’on choisit d’utiliser des équipements qui ne conviennent pas, sans compter que le réservoir risque de ne pas offrir le rendement anticipé.

Travaux de finition

Il est recommandé d’étendre et de niveler les matériaux retirés de l’excavation et de remplacer la couche arable. Les étapes finales consistent à installer les entrées de buse, à creuser les tranchées destinées aux canalisations d’eau et d’air, à remplacer la couche arable et à engazonner une zone tampon autour du réservoir et des voies d’eau de surface.

Coûts

Les coûts rattachés aux diverses méthodes d’excavation sont sensiblement les mêmes. Cependant, pour obtenir le meilleur prix qui soit, il est recommandé de demander un devis estimatif à plusieurs maîtres d’œuvre. La base de prix est généralement fixée en dollars par mètre ou verge cubique de matériaux extraits. Toutes les opérations consistant à étendre, déplacer, ou utiliser les matériaux retirés pour remblayer la partie inférieure d’un réservoir ou pour construire une digue doivent être traitées indépendamment et ne pas être incluses au devis estimatif du réservoir. Tout devis estimatif doit être soumis par écrit pour éviter qu’il y ait malentendu. Il est bon de vérifier si les coûts de transport sont compris au devis estimatif. D’importants coûts de transport peuvent s’ajouter selon le type d’équipement utilisé et sa provenance.

Facteur temps

Toute entente contractuelle doit comprendre un échéancier raisonnable. Dans plusieurs cas, l’échéancier sera fixé selon la disponibilité de l’équipement (les maîtres d’œuvre sont plus sollicités à l’automne). Les maîtres d’œuvre offrent souvent de meilleurs prix au début de l’été

durant leur « saison morte ». Il est préférable d'entreprendre et d'achever la construction d'un réservoir durant la période la plus sèche de l'année (juin, juillet et août). C'est au cours de cette période que les prix sont à leur plus bas, que les conditions sont les plus favorables et que le produit final est de meilleure qualité.

Module 5 – Réseaux et systèmes

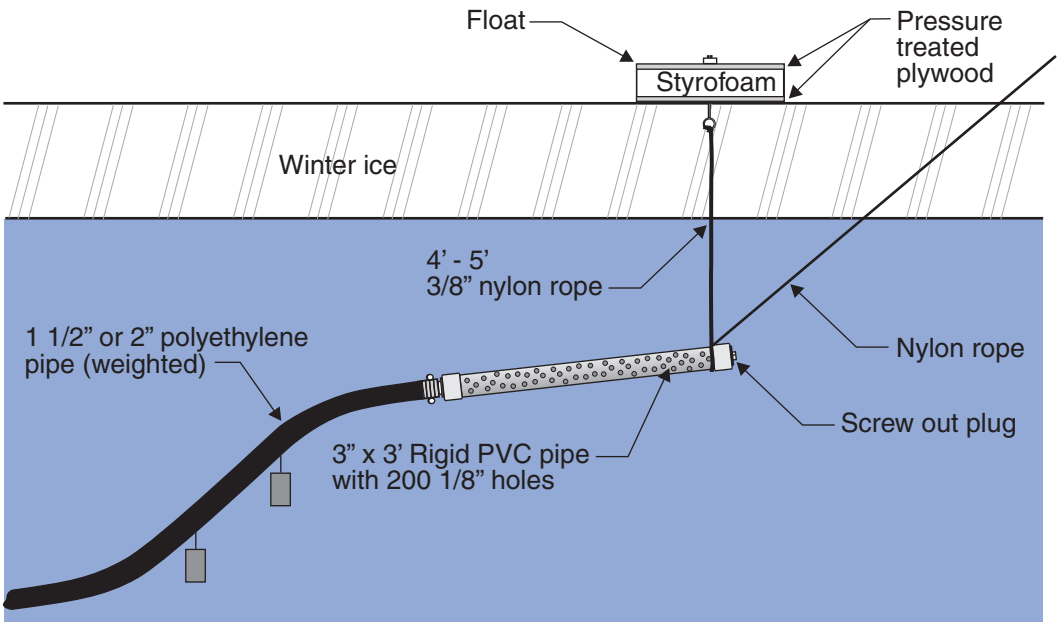
Un réseau d'alimentation en eau bien conçu et efficace joue un rôle important dans les activités d'une entreprise agricole. Les grands réservoirs d'eau peuvent être pompés à un débit beaucoup plus fort que la plupart des puits que l'on retrouve dans les provinces maritimes. On ne profite de cet avantage que si l'entrée d'eau, la pompe et les canalisations d'un réservoir satisfont le débit de pointe qu'exige son exploitation agricole. Les systèmes d'aération d'un réservoir peuvent grandement contribuer à améliorer la qualité de son eau. Les réseaux d'abreuvement éloignés contribuent à accroître la qualité de l'eau des réservoirs et à mieux protéger la santé du bétail, augmentant du même coup la production animale des exploitations agricoles.

Systèmes de prise d'eau

Les recherches ont démontré que dans un réservoir agricole, la qualité de l'eau se trouvant à la surface (premier 1,2 à 1,5 m de profondeur) est supérieure à celle se trouvant au fond ou sur les bords. Ces mêmes recherches ont également démontré que plusieurs réservoirs agricoles s'appauvrissent en oxygène dissous, ce qui a pour effet de noircir l'eau et de la rendre malodorante. À ces causes, il est recommandé de doter les réservoirs agricoles de systèmes de prise d'eau flottante.

Systèmes de prise d'eau flottante

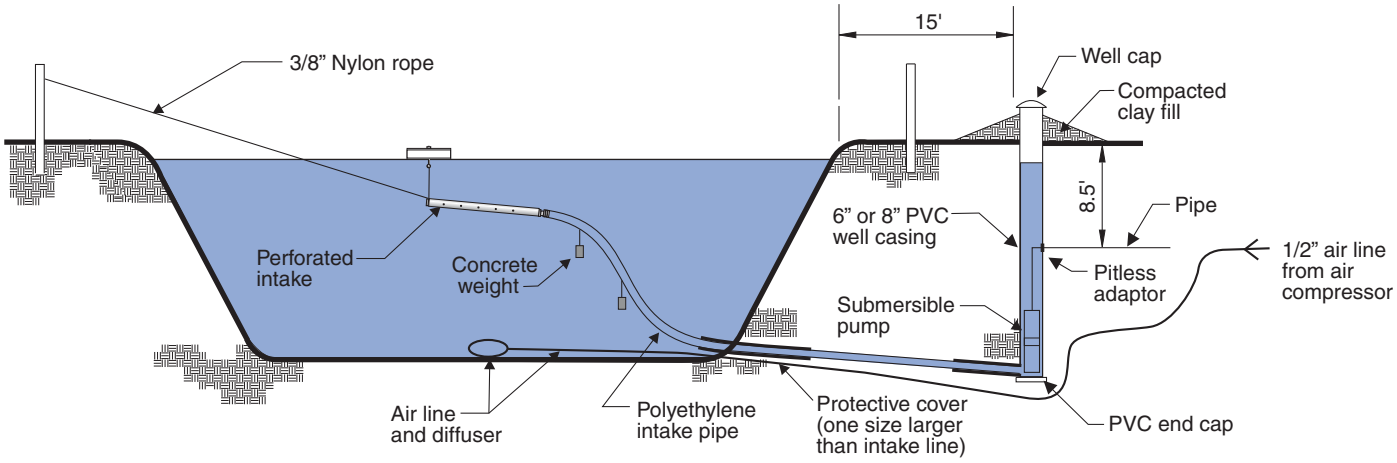
Au Canada Atlantique, les systèmes de prise d'eau flottante sont le plus souvent utilisés dans les réservoirs agricoles. Comme l'eau se trouvant à la surface d'un réservoir est de meilleure qualité que celle qui est au fond, une prise d'eau flottante soutire donc la meilleure eau utilisable. Ces systèmes sont souvent installés aux côtés d'un puits de captage muni d'une pompe submersible. Cependant, il n'est pas nécessaire d'avoir recours à un puits de captage si l'on utilise des pompes à jet. L'ensemble de la prise d'eau se branche alors directement à la conduite d'aspiration et l'on installe un clapet de non-retour à côté de la pompe. Peu importe le système choisi, il est recommandé de concevoir et de construire l'ensemble de la prise d'eau lors de la construction du réservoir. La figure 11 (Prise d'eau flottante) illustre les éléments composant le système de prise d'eau flottante.



Float = Flotteur
Styrofoam = Mousse de polystyrène
Pressure treated plywood = Contreplaqué traité sous pression
Winter ice = Glace d'hiver
Nylon rope = Câble de nylon
Screw out plug = Bouchon fileté
1 ½ or 2 polyethylene pipe (weighted) = Tuyau en polyéthylène de 1 ou 2 po (lesté)
4 -5 3/8 nylon rope = Câble de nylon de 3/8 po d'une longueur de 4 à 5 pi
3 x 3 rigid PVC pipe with 200 1/8 holes = Tuyau de 3 po x 3 pi en PVC non plastifié muni de 200 trous de 1/8 po.

Figure 11 : Prise d'eau flottante

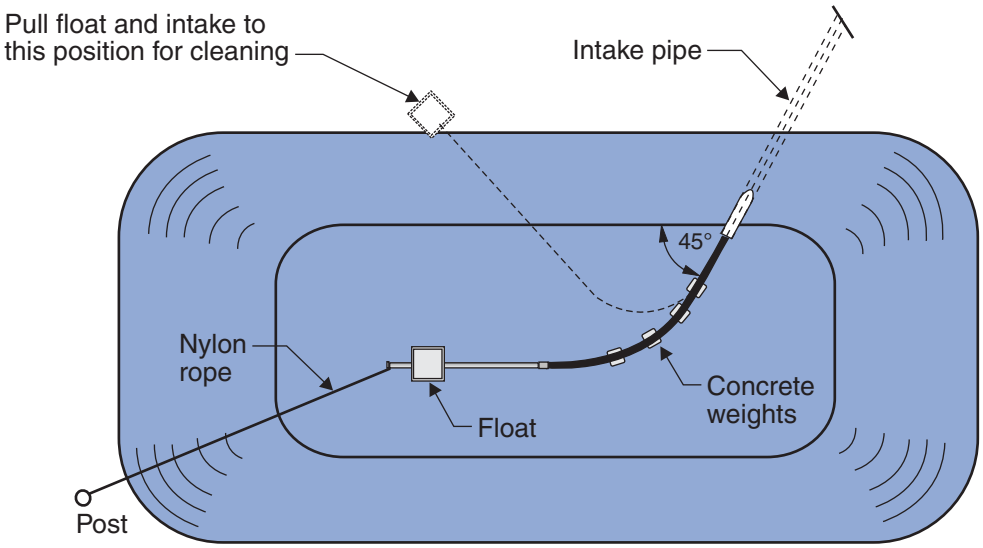
La figure 12 illustre l'aménagement d'un système de prise d'eau muni d'une pompe submersible. Le tuyau de prise d'eau est installé à l'intérieur d'un plus grand tuyau, ce qui empêche la conduite de prise d'eau de s'endommager ou de se déformer lors du remplissage de la tranchée. Le tuyau de prise d'eau perforé approvisionne en eau un puits situé aux abords d'un réservoir. L'eau s'écoule par gravité lorsque l'on pompe l'eau du puits. Comme le tuyau de plastique est plus léger que l'eau, il est nécessaire d'y ajouter de petits poids en béton afin de l'immerger. Il est généralement recommandé d'utiliser comme conduite de prise d'eau un tuyau homologué CSA d'une densité moyenne de 75 psi. Les conduites d'air et de prise d'eau doivent être installées dans la même tranchée. Ce type d'installation protègera la conduite d'air contre le gel.



3/8 nylon rope = Câble de nylon de 3/8 po
Perforated intake = Prise d'eau perforée
Concrete weight = Poids en béton
Air line and diffuser = Conduite et diffuseur d'air
Polyethylene intake pipe = Tuyau de prise d'eau en polyéthylène
6 or 8 PVC well casing = Cuvelage de 6 à 8 po en PVC
Submersible pump = Pompe submersible
Protective cover (one size larger than intake cline) = Revêtement de protection (1 taille plus grande que la canalisation de prise d'eau)
Well cap = Bouchon du puits
Compacted clay fill = Remblai en argile compactée
Pipe = Tuyau
Pitless adapteur = Adaptateur pour puits sans fosse de visite
PVC end cap = Embout en PVC
½ air line from air compressor = Conduite d'air de ½ po du compresseur d'air

Figure 12 : Système de prise d'eau muni d'une pompe submersible

La figure 13 illustre le plan en vue d'un réservoir et de son système de prise d'eau. Le tuyau de prise d'eau doit s'introduire dans le réservoir selon un angle de 45 ° pour éviter qu'il se déforme temporairement ou de façon permanente lorsqu'on le retire pour procéder à l'entretien de l'installation.



Pull float and intake to this position for cleaning = Mettre le flotteur et la prise d'eau dans cette position pour effectuer le nettoyage
Post = Poteau
Nylon rope = Câble de nylon
Float = Flotteur
Concrete weights = Poids en béton
Intake pipe = Tuyau de prise d'eau

Figure 13 : Plan en vue d'un réservoir et de son système de prise d'eau

Autres systèmes de prise d'eau

Au fil des ans, d'autres systèmes de prise d'eau ont été utilisés et testés dans des réservoirs agricoles – leur utilisation n'est pas recommandée. Parmi ces systèmes peu satisfaisants, il y a les tranchées d'infiltration remplies de gravier et les prises par le fond.

L'utilisation de tranchées remplies de gravier entre un réservoir et un puits s'est avérée infructueuse par le passé. **Leur utilisation n'est pas recommandée.** Les tranchées peuvent s'avérer efficaces durant plusieurs années, mais elles s'engorgent avec le temps en raison des résidus, végétaux, microorganismes et films biologiques qui s'y logent – ce qui réduit inévitablement le débit d'eau. Comme l'activité biologique est très marquée dans les tranchées, les concentrations en oxygène dissous chutent, ce qui entraîne la libération de sulfure d'hydrogène gazeux. Ces conditions ont pour effet de noircir l'eau et de la rendre malodorante. Il n'est pas rare sous ces conditions de constater le décuplement des matières dissoutes totales et de voir divers problèmes surgir en ce qui a trait à la dureté de l'eau et aux concentrations en fer et en manganèse – problèmes engendrés par la dissolution des corps minéraux du gravier. La seule

solution qui existe pour pallier ces problèmes est d'excaver le réservoir à nouveau et remplacer le gravier après quelques années d'exploitation, ou tout simplement remplacer la tranchée par un tuyau de prise d'eau.

En ce qui a trait aux prises par le fond, il fut un temps où l'on préconisait l'utilisation d'une tuyauterie horizontale de 10 à 30 cm de largeur pour acheminer l'eau du fond d'un réservoir à un puits de captage. Bien que ce système ne s'engorge pas, la qualité de l'eau demeure une préoccupation. À moins d'aérer continuellement le réservoir, l'eau de moins bonne qualité se retrouvera toujours au fond de celui-ci. Les grands tuyaux à extrémité libre permettent souvent aux punaises d'eau de s'introduire dans le puits de captage, la pompe ou le réseau de distribution. Dans certains cas, les punaises peuvent engorger les turbines des pompes. Il est donc nécessaire d'installer des grillages aux prises d'eau de la pompe et du réservoir.

Pompes

Il existe plusieurs types de pompes pour réservoirs agricoles. Certaines d'entre elles servent exclusivement à pomper l'eau d'une source. D'autres pompent l'eau et l'acheminent dans tout le système de distribution. Certaines pompes sont utilisées à des fins précises, comme pour augmenter la pression ou approvisionner une décharge particulière. Il est donc important de choisir une pompe selon l'usage que l'on désire en faire. Les pompes de surface montées, à essence ou commandées par moteur électrique, sont les plus utilisées au Canada Atlantique. Parmi les autres pompes utilisées dans les réservoirs agricoles, on retrouve les pompes à jet pour puits de surface et les pompes submersibles.

Réseau de distribution d'eau

Le diamètre de la canalisation de distribution d'eau doit être suffisamment grand pour approvisionner tout le réseau et garantir une pression d'eau adéquate. Au Canada Atlantique, il convient d'utiliser un tuyau en polyéthylène haute densité, homologué CSA, dans les réseaux de distribution d'eau et réseaux souterrains. L'usage du polyéthylène haute densité est recommandé parce qu'il résiste mieux aux effets du gel.

Il est également recommandé d'utiliser des raccords qui ne se corroderont pas dans l'eau ou au contact d'agents corrosifs comme ceux que l'on retrouve dans les tranchées souterraines. À ces causes, il est donc recommandé d'utiliser des raccords en nylon, en plastique, ou en laiton. Utiliser des fixations en acier inoxydable pour tous les raccordements standards et souterrains à double fixation.

Système d'aération des réservoirs

Comme nous l'avons précédemment expliqué dans la section intitulée « Processus biologique ayant lieu dans un réservoir », le maintien, sur une base annuelle, d'une forte concentration en

oxygène dissous dans un réservoir contribue à conserver une bonne qualité d'eau. Dans des conditions naturelles, l'échange d'oxygène ayant lieu entre l'eau du réservoir et le milieu environnement est insuffisant. Durant la saison estivale, une couche d'eau chaude se forme à la surface du réservoir. Cette couche de surface flotte alors au-dessus d'une autre couche d'eau plus froide. Cette couche de fond n'est désormais plus en contact avec l'atmosphère et se vide donc de son oxygène. Dans des conditions de faible oxygénation, les sédiments déposés dans le réservoir libèrent des éléments nutritifs pour végétaux, des métaux et des gaz des marais, et ceux-ci demeurent emprisonnés dans la couche d'eau froide.

À l'automne, la température de l'air et de l'eau de surface du réservoir se refroidit rapidement. Lorsque la couche de surface atteint la même température que la couche de fond (couche froide), le réservoir « se retourne ». C'est-à-dire que l'eau du réservoir n'est plus stratifiée et le vent la mélange donc dans sa totalité. Les éléments nutritifs et les composés chimiques non désirés sont désormais répartis uniformément dans le réservoir.

Durant la saison hivernale, la couche de glace qui recouvre le réservoir empêche le transfert d'oxygène entre l'atmosphère et l'eau. Lorsque les concentrations en oxygène chutent, l'activité microbienne qui se déploie dans les sédiments libère une fois de plus des composés chimiques non désirés. Un de ces composés chimiques, le sulfure d'hydrogène, répand généralement, vers la fin de l'hiver, une odeur s'apparentant à celle d'œufs pourris dans les plans d'eau de petite taille.

Au printemps, lors de la fonte des neiges, la surface du réservoir se réchauffe, mélangeant uniformément les composés se trouvant dans son eau. Les éléments nutritifs dissous peuvent alors être assimilés par les végétaux et les algues se trouvant près de la surface. À mesure que la température de l'air se réchauffe, le cycle se répète.

Afin d'empêcher que ce cycle de faible oxygénation n'ait lieu, il est nécessaire d'aérer le réservoir adéquatement. Aérer l'eau d'un réservoir permet d'y ajouter de l'oxygène et de maximiser son contact avec l'atmosphère. Des recherches ont démontré qu'il convient d'aérer un réservoir 24 heures sur 24, 365 jours par année.

Types de systèmes d'aération

Plusieurs types de systèmes d'aération ont été utilisés au fil des ans, y compris des systèmes électriques, éoliens et à énergie solaire. Si cela est possible, il est préférable d'utiliser un système d'aération électrique. En région éloignée toutefois, il est souvent nécessaire de recourir à d'autres sources d'énergie. Tous les systèmes comportent des avantages et des désavantages.

Les systèmes éoliens s'avèrent efficaces lorsque l'intensité du soleil est à son plus bas niveau durant la saison hivernale, mais seulement aux endroits où les vents sont relativement stables. Les systèmes à énergie solaire se transportent facilement et s'avèrent efficaces par temps chaud et ensoleillé où la demande en eau est à son maximum. Il en revient aux producteurs et

agriculteurs de déterminer les systèmes qui conviennent le mieux à leurs activités et leur région géographique. Il existe également divers systèmes flottants, mais les recherches ont démontré que ceux-ci ne conviennent pas aux réservoirs agricoles.

Composantes d'un système d'aération

Un système d'aération est constitué de quatre composantes :

- Bloc d'alimentation;
- Compresseur d'air;
- Conduite d'aération;
- Diffuseur.

Bloc d'alimentation

Comme pour les systèmes de pompage, les systèmes d'aération peuvent être alimentés par une source d'énergie électrique, solaire ou éolienne. Un compresseur électrique assure un approvisionnement continu en oxygène dissous, tandis que les systèmes éoliens et à énergie solaire sont moins efficaces lorsqu'il fait nuit, durant les périodes chaudes et calmes en été, ou lorsque les vents sont faibles.

Compresseur d'air

Les éoliennes aménagées en bordure d'un réservoir utilisent une pompe à membrane dont la fonction est de pousser l'air à l'intérieur d'un tuyau d'aération s'étendant jusqu'au fond du réservoir. Les éoliennes conviennent aux endroits où le régime des vents est satisfaisant et stable et dans les régions éloignées où l'aménagement d'installations électriques serait trop coûteux. Cependant, elles s'avèrent peu efficaces lorsque des montagnes ou des arbres les obstruent, si la profondeur du réservoir est de plus de 6 m (20 pi), ou si l'eau du réservoir contient des concentrations élevées de matières organiques.

Les types de compresseurs électriques les plus couramment utilisés sont les pompes à membrane sans huile ou les pompes à piston. Ces compresseurs émettent peu de bruit résiduel, ils ne sont pas coûteux et requièrent peu d'entretien. Il faut s'assurer de choisir une pompe conçue pour un usage continu. Règle générale, un compresseur à membrane ayant une capacité de pompage d'un pied cube par minute (pi^3/min) pour chaque million de gallons d'eau s'avère un choix approprié. Pour de meilleurs résultats, il convient d'aménager le compresseur dans un bâtiment chauffé ou un abri fermé afin de protéger son moteur, son diaphragme et son bloc d'alimentation électrique.

Conduites d'aération

Les conduites d'aération acheminent l'air de la pompe au réservoir. Il convient lors de la construction d'un nouveau réservoir d'enfouir la conduite d'air avec la conduite de prise d'eau pour éviter que le gel, les rayons ultraviolets, la glace, ou des animaux ne les endommagent.

Diffuseurs

Les diffuseurs sont des dispositifs dont la principale fonction est de relâcher l'air dans l'eau. Les recherches ont démontré que le choix du type de diffuseur s'avère important. Les diffuseurs à fines ou moyennes bulles sont plus efficaces pour aérer et faire circuler l'eau que les tuyaux à extrémité libre qui émettent de grosses bulles. Pour que l'eau soit adéquatement saturée en oxygène dissous, un tuyau à extrémité libre requiert trois fois plus d'air que les diffuseurs poreux ou les tuyaux perforés. Un diffuseur placé au bon endroit permettra de maintenir des concentrations en oxygène adéquates dans tout le réservoir. Il est recommandé d'utiliser des diffuseurs de type poreux, linéaire, à membrane ou à fines bulles.

Sécurité

Durant la saison hivernale, les systèmes d'aération peuvent créer des trous dans la glace ou l'affaiblir à certains endroits. De telles conditions peuvent compromettre la sécurité des jeunes enfants, des animaux et des motoneigistes, surtout en soirée et à la tombée de la nuit. Il est essentiel de sensibiliser les jeunes à ces risques et d'installer des panneaux d'avertissement et des barrières à neige fluorescentes autour du plan d'eau.

Système d'abreuvement du bétail

Tous les éleveurs désirent améliorer la gestion de leurs pâturages et fournir à leur bétail de l'eau salubre d'excellente qualité. Laisser le bétail s'abreuver à même un réservoir peut entraîner des conséquences environnementales et sanitaires néfastes ainsi que d'autres problèmes relativement au pâturage.

Problèmes liés à l'abreuvement direct

- L'abreuvement direct du bétail a des effets négatifs sur la qualité de l'eau, la santé des troupeaux et la durée de vie d'un réservoir :
- Les agents pathogènes fécaux ont directement accès à l'eau et se propagent rapidement au sein d'un troupeau. Des maladies comme le piétin infectieux peuvent également se manifeste.
- Les excréments produisent des éléments nutritifs favorisant la prolifération d'algues et, dans certains cas, la production de toxines issues de cyanobactéries.
- La biodégradation des excréments entraîne un appauvrissement en oxygène.
- L'action des sabots du bétail peut détériorer les parois d'un réservoir et accélérer le processus de sédimentation, réduisant du même coup sa durée de vie.

- Les bovins sont sensibles au goût et à l'odeur de l'eau et peuvent en limiter leur consommation s'ils la considèrent comme moins sapide, ce qui pourrait entraîner diverses répercussions sur la production animale.
- Le bétail risque de se blesser, de se noyer ou de rester pris dans la boue ou dans la glace. Des problèmes de surpâturage peuvent survenir près du plan d'eau.

Système d'abreuvement dans les pâturages

Acheminer l'eau, loin du réservoir, vers les pâturages pour abreuver le bétail comporte de nombreux avantages. Un système d'abreuvement éloigné adéquatement conçu peut avoir une incidence positive directe sur la santé du bétail, la production animale et la gestion des pâturages. Un système d'abreuvement éloigné préserve la qualité de l'eau et prolonge la durée de vie d'un réservoir.

Il existe diverses méthodes pour abreuver le bétail convenant à tous les types de pâturages et emplacements. Divers systèmes mécaniques peuvent être utilisés pour acheminer l'eau au bétail, dont les systèmes solaires, éoliens, électriques, gravitaires, à carburant et à débit continu. Choisir le système approprié peut s'avérer difficile.

Il est bon de prendre en considération les facteurs suivants lorsque vient le temps de choisir un système d'abreuvement éloigné :

- Emplacement des sources d'eau disponibles;
- Emplacement et conditions du site (région éloignée, topographie, caractéristiques riveraines);
- Type de système de pâturage (intensif ou extensif);
- Nombre de bêtes domestiques;
- Accès à une source d'alimentation (ligne d'alimentation électrique principale, énergie solaire, éolienne, équipements à traction animale, etc.);
- Système de pompage (automatisé ou manuel, quantité de refoulement);
- Flexibilité et transportabilité;
- Fiabilité et entretien;
- Pénuries d'eau temporaires ou saisonnières;
- Coût-avantage et coût par animal;
- Préférences personnelles.

Solutions de rechange à l'abreuvement direct du bétail

Les exemples suivants constituent d'autres solutions pratiques à l'abreuvement direct du bétail.

Rampes d'accès

L'amélioration la plus simple que l'on puisse apporter à une source d'eau est d'y aménager une rampe d'accès. Les rampes d'accès conviennent davantage aux grands troupeaux élevés en région éloignée (grands pâturages libres) où le bétail est régulièrement contrôlé ou déplacé. Là où les sols sont meubles, les réservoirs ou cours d'eau munis de rampes renforcées permettent au bétail de s'y abreuver facilement en toute stabilité et sécurité. Ces rampes doivent être aménagées sur une pente douce selon une inclinaison de 1,5 à 1,8 m (5 à 6 pi) pour chaque 0,3 m (1 pi) de dénivellation. Il convient d'étendre une couche de gravier d'environ 0,3 m (1 pi) d'épaisseur, à une distance de 3 à 4,5 m (10 à 15 pi) du bord du réservoir, s'étendant jusqu'à son niveau d'eau le plus bas.

La source d'eau doit être clôturée de façon à ce que le bétail ne puisse s'y abreuver qu'en utilisant la rampe d'accès. Cependant, certains producteurs ont réalisé qu'il n'était pas nécessairement essentiel de clôturer une source d'eau. En effet, ils ont remarqué que le bétail empruntait systématiquement une rampe d'accès stable et facilement accessible pour s'abreuver une fois qu'il s'y était familiarisé.

Transport d'eau

Bien que cette pratique puisse sembler quelque peu désuète, elle demeure toutefois une solution de rechange pratique. L'exploitation intensive de parcours exige de déplacer quotidiennement le bétail de pâturage en pâturage. L'accès à une source d'eau constitue souvent un obstacle important. En utilisant un vieux camion muni d'une cuve de stockage principale et un bac d'abreuvement mobile, la source d'eau peut ainsi suivre les déplacements du bétail à travers les pâturages. Ce faisant, les éléments nutritifs provenant des fumiers sont donc mieux répartis dans les champs.

Stockage de l'eau

Tous les systèmes de pompage mécanisés auxiliaires requièrent de stocker l'eau. Les cuves à eau fournissent la quantité d'eau nécessaire à l'abreuvement du bétail entre chaque cycle de pompage. La plupart sont surélevées, laissant ainsi l'eau s'écouler dans les cuves de stockage par gravité. Elles peuvent généralement contenir suffisamment d'eau pour abreuver le bétail pendant 3 à 7 jours. La quantité d'eau que consomme le bétail se détermine comme suit :

- Bouvillons et génisses d'un an = 8 gallons (36 litres) par jour;
- Couple vache-veau = 12 gallons (55 litres) par jour;

Ces taux moyens de consommation d'eau s'appliquent au bétail de pâturage. Par temps chaud en été, la consommation d'eau maximale peut atteindre une fois et demie les taux précités.

Les matériaux avec lesquels sont fabriquées les cuves de stockage importent peu, pourvu qu'elles préservent la qualité de l'eau et sa salubrité à un coût raisonnable. Les plus utilisés sont les réservoirs en plastique, en fibre de verre, en béton ou en métal, les réservoirs surélevés en terre, les compartiments à grain, les gros pneus en caoutchouc, ou les grands réservoirs d'abreuvement. Les coûts reliés au stockage de l'eau varient de 5 cents (1 cent par litre) à plus de 1.00 $ par gallon (23 cents par litre). Les réservoirs surélevés en terre s'avèrent la solution la moins coûteuse (5 à 10 cents par gallon ou 1 à 2 cents par litre).

Systèmes à écoulement par gravité

Les systèmes à écoulement par gravité s'avèrent idéals dans les pâturages où les sols sont inclinés et où il est possible d'aménager un réservoir ou une fosse sur la pente ascendante d'une aire d'irrigation. Une canalisation d'amenée d'eau achemine alors l'eau du réservoir jusqu'à une cuve de stockage située au pied de la pente. Règle générale, sur un plan vertical, la surface libre du réservoir doit être au moins 1,5 m (5 pi) plus élevée que la cuve de stockage et l'on doit ajouter 0,3 m (1 pi) de plus à cet écart pour chaque 30 m (100 pi) de canalisation menant à la cuve de stockage. Les systèmes à écoulement par gravité peuvent également être utilisés comme point d'émergence de la nappe d'eau souterraine si la dénivellation menant à la cuve de stockage est suffisamment abrupte. Il faut prendre certaines précautions additionnelles lorsqu'on aménage ce type d'installation sur de longues pentes abruptes ou ondulées afin de prévenir les fuites et les blocages d'air.

Réservoirs à pompe gravitaire

Ces réservoirs sont généralement construits en excavant un petit réservoir surélevé dans les débris d'excavation d'un réservoir de stockage. Une pelle rétrocaveuse standard peut aménager ce type de système en quelques heures à peine. On revêt le réservoir d'une doublure en tissu à trame et à chaîne de résine polyéthylène afin de prévenir les fuites et préserver la limpidité de l'eau. Sur un plan vertical, le fond du réservoir doit être plus élevé que la surface du réservoir de stockage. Cet aménagement assurera un écoulement par gravité suffisant du réservoir surélevé jusqu'au réservoir de stockage, en passant par la canalisation et le régleur à flotteur. Il faut choisir une canalisation de la dimension appropriée et un régleur à flotteur basse pression de grande capacité pour assurer un débit d'écoulement suffisant.

Pompes de pâturage actionnées par le bétail

Ces pompes de pâturage sont communément appelées **pompes à pacage** parce que le bétail les actionne à l'aide de leur nez. Ce système est peu coûteux (approximativement 15 $ par couple vache-veau) et peut approvisionner environ 30 à 40 couples vache-veau.

Cinq ou six fabricants vendent actuellement ce type de pompe, dont un modèle à l'épreuve du gel convenant à l'usage hivernal. Certaines de ces pompes s'actionnent plus facilement que d'autres. Elles fournissent environ 1 litre d'eau (0.2 gallon) par actionnement. Les pompes traditionnelles peuvent acheminer l'eau jusqu'à une élévation maximale de 6 m (20 pi) et, au moyen d'une canalisation enfouie superficiellement, peuvent fonctionner à plus de 400 m (1 quart de mile) de leur source d'eau. Une pompe à pacage à l'épreuve du gel est munie d'une pompe à piston et peut fonctionner à plus de 12 m (40 pi) d'élévation, mais elle doit être située directement au-dessus du puits de captage du réservoir. Il convient de minimiser le degré d'élévation pour que les vaches et les veaux puissent actionner la pompe facilement. Il est recommandé d'enfouir peu profondément la canalisation allant du réservoir à la pompe afin de la protéger.

Bien que les pompes de pâturages s'avèrent très fiables et se transportent facilement de pâturage en pâturage, il faudra deux jours au bétail pour se familiariser avec leur fonctionnement. Il convient d'aborder cette période d'apprentissage sur les lieux de la ferme après la période de vêlage et avant que les vaches retournent paître dans les champs. Il est fortement recommandé de ne pas entraîner le bétail lors de chaleurs excessives. Les petits veaux seront en mesure d'actionner ce type de pompe seulement lorsqu'ils auront atteint un poids de 136 kg (300 lb). Il est possible de pallier ce problème de diverses façons. Une de ces façons consiste à remplir d'eau le bac d'abreuvement là où seuls les veaux y ont accès. Une autre option consiste à abreuver les veaux en recueillant dans une cuve ou un bac une partie de l'eau pompée par les vaches.

Canalisations

Les canalisations enfouies superficiellement sont idéales pour les exploitations agricoles qui adoptent un système de pâturage en rotation et qui sont situées à moins de 3,2 km des sources d'eau et d'alimentation. Les canalisations permettent aux éleveurs de bétail d'optimiser l'utilisation de leur source d'eau (habituellement un puits ou un réservoir) plutôt que de construire plusieurs petits réservoirs dispersés dans différents pâturages.

Ces systèmes sont polyvalents et les sites d'abreuvement peuvent être situés dans un endroit privilégié plutôt qu'à l'endroit où le réservoir recueille l'eau d'écoulement.

En ce qui a trait à l'enfouissement superficiel des canalisations (profondeur d'environ 0,3 m), certains éleveurs utilisent une charrue de type « dessoucheuse à griffes » fixée à l'attelage trois points d'un tracteur ou d'un autre équipement tracté. Il est possible d'installer un tuyau en plastique de 2,5 cm (1 po) de diamètre au coût d'environ 1.60 $ le mètre (50 cents par pied). Il est important de bien concevoir le système pour s'assurer que les types de tuyaux et leur dimension conviennent à la cuve de stockage et aux autres composantes de l'installation.

Certains éleveurs préfèrent enfouir profondément les canalisations traversant les pâturages situés tout près de leur maison. Ces terrains peuvent être utilisés pour alimenter les animaux, pour les

litières, pour le pâturage, pour le vêlage et le sevrage. Cette approche permet de réduire les maladies du bétail ainsi que les coûts reliés au transport et à l'épandage des fumiers.

D'ici quelques années, les canalisations enfouies superficiellement seront considérées comme la norme en raison des nombreux avantages qu'elles procurent et de l'adoption de systèmes de pâturage plus intensif.

Systèmes de pompage à essence

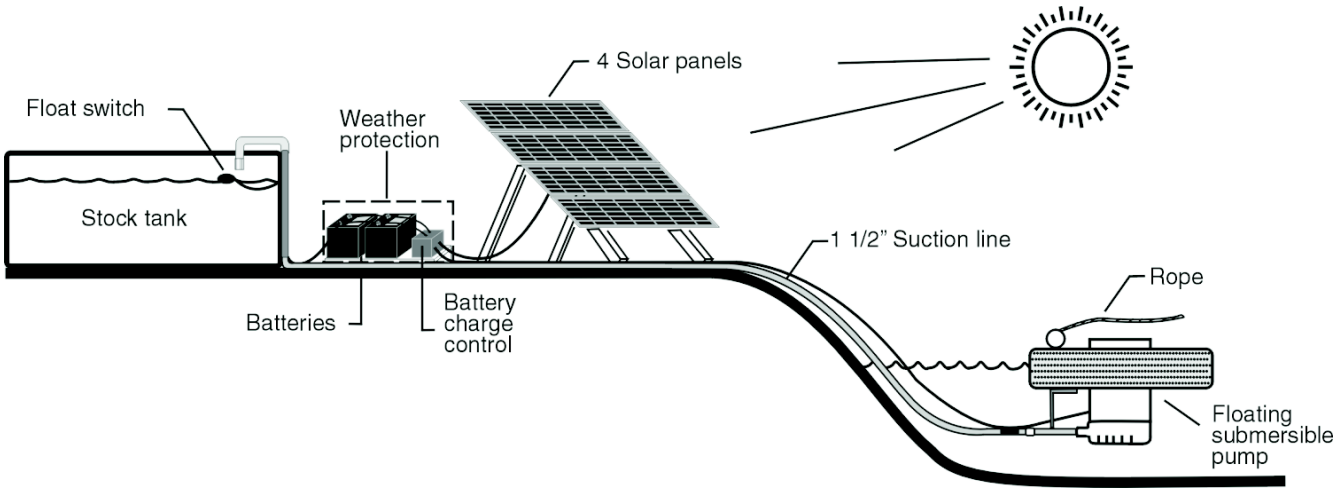
Ces systèmes auxiliaires sont peu coûteux et permettent de pomper l'eau nécessaire à l'abreuvement de grands troupeaux de bétail. Il est possible de les combiner à un réservoir surélevé contenant une réserve d'eau équivalant à sept fois la consommation journalière. Ces pompes se transportent aisément et peuvent être déplacées sans difficulté d'une source d'eau à une autre.

Certains éleveurs utilisent des génératrices à essence pour faire fonctionner leur pompe submersible. Ces systèmes peuvent être automatisés et commandés par un interrupteur à flotteur situé dans une cuve de stockage ou un réservoir. Les pompes et les génératrices peuvent également être utilisées à d'autres fins sur la ferme. Il est possible de calibrer ces systèmes afin qu'ils pompent d'importants volumes d'eau des réservoirs.

Systèmes de pompage à énergie éolienne

Les systèmes à énergie solaire gagnent de la popularité en raison de leur fiabilité et du peu d'entretien qu'ils nécessitent. Ils s'avèrent efficaces pour pomper l'eau des réservoirs. Un ensemble de panneaux solaires capte et transforme la lumière du soleil en énergie, laquelle peut être emmagasinée au moyen de batteries rechargeables ou utilisée pour pomper l'eau, comme l'illustre la figure 14 (Système d'abreuvement à énergie solaire). Comme l'intensité lumineuse du soleil varie continuellement, il convient de tenir en réserve une quantité d'eau ou d'énergie emmagasinée équivalant à trois jours d'exploitation.

En ce qui a trait aux systèmes solaires qui ne sont pas munis de batteries, il est important que la puissance de sortie des panneaux solaires (exprimée en watts) corresponde à la puissance nécessaire pour faire fonctionner la pompe à sa meilleure efficacité. En ce qui a trait aux systèmes solaires munis de batteries, il est important de choisir des batteries à cycle profond de qualité supérieure, comme celles utilisées dans les véhicules récréatifs. Il est également important d'installer des commandes électriques munies de sectionneurs basse et haute tension. Ces derniers protègent les batteries contre les surcharges et sous-tensions qui ont pour effet de réduire considérablement leur durée de vie. Il convient, de toute évidence, d'installer ces systèmes dans un endroit ensoleillé, mais également à l'abri des vents violents.



Float switch = Interrupteur à flotteur

Weather protection = Protection contre les intempéries

Battery charge control = Chargeur de batterie

1 ½ Suction line = Conduite d'aspiration de 3,8 cm (1 ½ po)

Floatting submersible pump = Pompe submersible flottante

Stock tank = Cuve de stockage

Batteries = Batteries

4 solar panels = 4 panneaux solaires

Rope = Câble

Figure 14 : Système d'abreuvement à énergie solaire

Les systèmes à énergie solaire ont l'avantage de posséder une grande capacité de pompage lorsqu'il fait très chaud en été, soit lorsque le bétail s'abreuve abondamment. Il est possible d'utiliser le surplus d'énergie que transforment ces systèmes pour alimenter une clôture électrique à bétail. Bien que les coûts initiaux rattachés à l'utilisation de ces systèmes soient quelque peu élevés, leur durée de vie est substantielle et ils se transportent facilement d'un endroit à un autre.

Systèmes de pompage éolien

Les éoliennes s'avèrent efficaces lorsqu'utilisées sur les sites à régime de vent fort. Les éoliennes peuvent être utilisées pour pomper l'eau d'un réservoir ou d'un puits. Il convient d'aménager les éoliennes sur une partie de terrain surélevée afin de les exposer aux vents – on peut utiliser les déblais retirés du réservoir pour les surélever. Il faut également les aménager le plus loin possible des arbres, soit à une distance équivalant à 15 à 20 fois la hauteur de ceux-ci.

Les coûts initiaux rattachés à l'utilisation de ces systèmes sont quelque peu élevés, mais la plupart sont fiables et durent de nombreuses années. Il convient avec un système éolien de garder une réserve d'eau équivalant à trois jours d'exploitation. Il faut également avoir un système de pompage auxiliaire à la portée de la main ou être en mesure de transporter les quantités d'eau nécessaire à l'élevage et aux activités agricoles en cas de périodes prolongées de vents faibles.

Abreuvement du bétail en région éloignée durant la saison hivernale

Bien que les animaux préfèrent s'abreuver à partir d'une source d'eau, la neige convient au bétail en bonne santé. La neige doit toutefois être abondante, propre et non condensée. Elle ne doit pas être recouverte d'une croute, sinon le bétail n'y aura pas facilement accès. Il faut fournir suffisamment d'eau aux vaches en lactation, aux bœufs et aux génisses primipares durant la saison hivernale afin qu'ils conservent leur état d'engraissement.

Au cours des dernières années, de plus en plus de producteurs ont choisi d'utiliser des réservoirs, puits et systèmes d'abreuvement spécialement conçu pour résister aux rigueurs de l'hiver. Voici quelques raisons qui expliquent leur choix :

- Prolongement de la saison de pâturage et de pâturage en andain à l'automne et en hiver;
- Manque d'eau sur le site de la ferme;
- Nourrissage du bétail sur les pâturages et les terres cultivables permettant de réduire les coûts de transport des fumiers;
- Plus de flexibilité lorsque vient le temps de séparer le bétail durant les périodes de mise à bas et de sevrage;
- Aucune accumulation de fumiers dans les aires de vêlage;
- Animaux en meilleure santé pour toutes les raisons précitées;
- Élimination des pertes de bétail dues aux noyades.

À l'aide d'une planification et d'une conception adéquates, la plupart des réseaux d'alimentation en eau peuvent être modifiés et utilisés durant la saison hivernale. Afin de prévenir le gel, il faut chauffer le réseau et réduire au minimum les pertes thermiques. Il existe plusieurs systèmes spécialement conçus pour abreuver le bétail durant la saison hivernale, incluant les abreuvoirs réchauffés par la chaleur du sol, les abreuvoirs superisolés ne requérant aucune énergie, les gouttières-abreuvoirs dont l'eau ne gèle pas grâce à la chaleur qui y est emmagasinée et les abreuvoirs chauffés au propane. Il existe également des systèmes à recirculation d'eau, des pompes à pacage à l'épreuve du gel, ainsi que des systèmes de pompages solaires et éoliens spécialement conçus pour un usage hivernal.

Chaque système répond à des besoins particuliers. Il faut donc tenir compte de plusieurs facteurs lorsque vient le temps de choisir un réseau d'alimentation en eau (coûts, préférence personnelle, fiabilité, grandeur du troupeau, emplacement du site, etc.). Les réservoirs situés en région éloignée au Canada Atlantique doivent être d'autant plus résistants au froid (-40 °C) et durables, plus particulièrement ceux situés au nord du Nouveau-Brunswick.

La plupart des réseaux d'approvisionnement en eau conçus pour un usage hivernal sont configurés de la même manière. La prise d'eau, le puits de captage, la source d'alimentation et la pompe constituent les composantes principales.

Les systèmes de pompage les plus utilisés de nos jours en hiver sont ceux à énergie solaire. Les panneaux solaires captent la lumière du soleil et la convertissent en énergie électrique pour ainsi alimenter la pompe. Deux conceptions de base permettent de rendre ces systèmes à l'épreuve du gel, soit les systèmes à vidange autonomes ou les postes d'alimentation isolés. Les systèmes à énergie solaire comprennent :

- Des panneaux solaires;
- Des batteries à cycle profond;
- Un chargeur de batteries;
- Une pompe;
- Un détecteur de mouvements ou un interrupteur flottant mettant en marche ou stoppant la pompe;
- Des canalisations d'eau;
- Un abreuvoir ou un poste d'alimentation.

Certains systèmes sont munis d'une éolienne pour alimenter les batteries lors des périodes nuageuses prolongées et d'un aérateur pour accroître la qualité de l'eau.

Abreuvoir muni d'un système à vidange autonome

Ce système est aménagé directement au-dessus du puits de captage adjacent au réservoir et utilise un détecteur de mouvements pour mettre en marche la pompe à énergie solaire. Le détecteur de mouvement active la pompe lorsque le bétail s'approche de l'abreuvoir. L'eau est pompée dans un abreuvoir rond de 63,5 cm (25 po) situé au-dessus d'une buse ou d'un puits de captage de 61 cm (24 po) de diamètre. Le niveau d'eau grimpe jusqu'à un ensemble de goulottes de trop plein qui acheminent l'excédent d'eau dans le puits de captage. Ces goulottes se trouvent dans la partie supérieure de l'abreuvoir et leur principale fonction et d'éviter que l'eau déborde de celui-ci. La pompe fonctionne tant et aussi longtemps que le bétail se trouve dans le champ d'action du détecteur de mouvements. La pompe est programmée pour fonctionner un certain temps avant de s'arrêter pour que le prochain animal ait suffisamment de temps pour s'approcher

et s’abreuver. L’eau restante est par la suite acheminée dans le puits de captage via le fond de l’abreuvoir. De cette façon, il ne reste jamais d’eau dans l’abreuvoir – il ne se forme donc pas de glace. On peut modifier les paramètres des détecteurs de mouvements selon la configuration désirée.

Le niveau du sol sur le site d’abreuvement doit être 2,13 m (7 pi) plus élevés que le niveau d’eau maximum du réservoir. Cette élévation empêchera la formation de givre dans le puits de captage. Il convient d’aménager le terrain en pente en direction opposée au réseau d’abreuvement de façon à favoriser le drainage du site pour qu’il demeure sec, propre et sécuritaire lors des périodes de dégel.

Postes d’alimentation isolés

Comme les systèmes à vidange autonome, ce système est aménagé directement au-dessus du puits de captage adjacent au réservoir. Le système à énergie solaire pompe l’eau du puits de captage dans un poste d’alimentation torique et isolé. L’interrupteur flottant met la pompe en marche lorsque le niveau d’eau est bas afin de toujours maintenir le poste d’alimentation rempli. Le bétail s’abreuve par le biais des trappes d’accès du couvercle isolé situé au-dessus du puits de captage. Le poste d’alimentation est muni de plusieurs trappes d’accès que l’on peut ouvrir ou fermer selon l’importance du troupeau. Lors de nuits extrêmement froides, il convient d’ouvrir qu’une seule trappe d’accès pour prévenir le gel et réduire les pertes thermiques. Ce système isolé consiste à conserver la chaleur de l’eau qui s’y introduit. Il faut donc qu’un nombre minimum d’animaux s’y abreuvent pour éviter que le gel ne s’y installe et l’endommage.

Pompe à pacage à l’épreuve du gel

Les pompes à pacage à l’épreuve du gel font également partie des systèmes à vidange autonome. Les vaches appuient sur une plaquette qui active un piston se trouvant au fond du puits de captage. Le piston pompe l’eau dans un petit abreuvoir. La vache peut alors s’abreuver et elle peut appuyer sur la plaquette à nouveau si elle désire boire plus d’eau. Une fois la vache rassasiée, l’eau se trouvant dans la canalisation acheminant l’eau du puits et drainée en deçà de la ligne de gel. Les fabricants recommandent de laisser un maximum de 50 couples vache-veau s’abreuver par pompe. On peut aménager une pompe additionnelle au-dessus du puits de captage pour les troupeaux plus nombreux. Il convient de procéder à des inspections journalières pour s’assurer que la pompe fonctionne adéquatement et qu’elle n’est pas gelée, surtout lors de périodes froides ou venteuses.

Résumé

Peu importe sa taille, il est important de bien planifier et concevoir son réseau d'alimentation en eau. Les bonnes installations ne peuvent toutefois pas substituer une source d'eau insuffisante. Une quantité d'eau suffisante et de bonne qualité est essentielle à la croissance et la survie du bétail. Les réservoirs, puits et systèmes d'abreuvement sont essentiels pour protéger les sources d'eau, les zones riveraines et le bétail.

Module 6 – Qualité de l'eau

Même si une eau, par son apparence, son odeur et son goût, semble être de bonne qualité, elle peut cependant contenir des contaminants pouvant nuire à la santé du bétail. Les contaminants peuvent être chimiques ou microbiologiques. Il faut également comprendre que les eaux traitées aux fins de consommation peuvent être recontaminées et présenter de réels risques pour la santé. Cette recontamination peut survenir dans le réseau de distribution d'eau. Il est important de souligner que les réservoirs ne constituent pas la méthode de stockage d'eau la plus appropriée pour la consommation humaine.

Risques pour la santé et qualité de l'eau

À première vue, l'eau semble être un liquide simple. Elle est toutefois un solvant puissant ayant la capacité de contenir un mélange très complexe de substances chimiques. L'eau constitue également un milieu propice au développement de divers organismes microbiologiques. La présence dans l'eau de divers agents chimiques et organismes microscopiques peut nuire à la santé du bétail.

Facteurs microbiologiques

Il existe trois principaux groupes d'organismes microbiologiques pouvant causer des maladies hydriques :

- Les bactéries;
- Les protozoaires;
- Les virus.

Bactéries

La plupart des bactéries que l'on retrouve dans l'eau ne causent pas de maladies. Celles qui causent des maladies se retrouvent plutôt dans le tractus intestinal des mammifères à sang chaud,

y compris les humains. Ces bactéries sont excrétées dans les matières fécales et peuvent aboutir dans les réseaux d'alimentation en eau.

Les eaux provenant du suintement des fosses septiques et des bassins de stabilisation des eaux usées, et l'eau de ruissellement provenant des terrains d'élevage, des pâturages et des terres cultivables où l'on a épandu des fumiers, peuvent contenir des contaminants bactériologiques. Dans le même ordre d'idées, d'autres animaux sauvages, comme divers oiseaux et rongeurs, peuvent également introduire des matières fécales dans les réseaux d'alimentation en eau. Les eaux de surface sont donc propices à la contamination bactériologique.

Une fois les bactéries établies dans un réseau d'alimentation en eau, elles ont la possibilité de s'y reproduire, ce qui a pour effet de maintenir ou d'augmenter le niveau de contamination. Les eaux de surface en grande partie dormantes, comme les réservoirs, offrent un lieu de reproduction idéal aux bactéries.

Protozoaires

Les protozoaires, un groupe de parasites microscopiques, sont très présents dans les eaux de surface. Certains protozoaires, dont les parasites lamblia et les cryptosporidies, existent sous forme de kystes. Le revêtement protecteur du kyste permet au parasite de survivre dans des conditions difficiles. Le kyste protège également le parasite contre les désinfectants comme le chlore. Une fois qu'il est ingéré, le parasite germe et se reproduit. Les parasites enkystés peuvent subséquemment être évacués par les animaux et les humains dans les matières fécales.

On soupçonne que les parasites lamblia et les cryptosporidies ont causé près de 60 % des épidémies hydriques signalées aux États-Unis entre 1991 et 1998. Les parasites lamblia se retrouvent dans les matières fécales des humains, des castors, des rats musqués et des chiens. Les cryptosporidies se retrouvent principalement dans les matières fécales des bovins, des moutons et des porcs. Cependant, on les retrouve à l'occasion dans les matières fécales des humains et d'autres mammifères. La contamination survient lorsque ces parasites entrent en contact avec l'eau par l'entremise des matières fécales.

Virus

On en connait peu quant à l'incidence des maladies hydriques causées par les virus. Cependant, on a relevé la présence de divers agents viraux comme le rotavirus, l'agent de Norwalk, plus de 30 types d'adénovirus et plus de 70 types d'entérovirus dans des réseaux d'alimentation en eau contaminés et ces agents furent reliés à diverses maladies hydriques, dont notamment l'hépatite A.

Facteurs chimiques

Plusieurs substances chimiques peuvent comporter des risques pour la santé du bétail. Dans certains cas, leur présence est le fruit de l'érosion et du vieillissement climatique. Dans d'autres cas, l'humain est le seul responsable de leur introduction dans les plans d'eau.

Les substances chimiques pouvant potentiellement nuire à la santé comprennent les minéraux, métaux et toxines d'origine naturelle, en plus d'une variété de produits chimiques organiques et synthétiques incluant divers types de pesticides. Si l'on soupçonne une présence accrue de substances chimiques d'origine naturelle dans un réservoir, ou si l'on croit que son eau est contaminée, il convient alors d'effectuer un ensemble d'essais en laboratoire. Chaque province compte plusieurs laboratoires ayant la capacité d'effectuer divers tests diagnostiques. Il est recommandé de communiquer avec les autorités sanitaires de sa région pour en savoir davantage à ce sujet.

Qualité esthétique de l'eau

Plusieurs composés chimiques et espèces microbiologiques peuvent altérer la qualité esthétique de l'eau. Certaines espèces transmettent à l'eau une saveur ou une odeur répugnante, alors que d'autres la tachent ou y laissent des résidus ou précipités. Ces agents chimiques et espèces microbiologiques sont généralement considérés comme nuisibles, mais ne comportent aucun risque pour la santé du bétail. Le tableau 1 que l'on retrouve à l'appendice 1 et intitulé *Agents chimiques et espèces microbiologiques ayant une incidence sur la qualité esthétique de l'eau* dresse la liste des impuretés et organismes nuisibles les plus souvent rencontrés, incluant les symptômes associés à leur présence dans les plans d'eau. La présence de ces impuretés et organismes peut être confirmée par des essais en laboratoire. Si leur présence dans un plan d'eau est confirmée, il convient de mettre en œuvre les mesures correctives qui s'imposent pour les éliminer ou réduire leurs impacts.

Essais sur la qualité de l'eau

Il est approprié d'effectuer régulièrement des essais afin de déterminer si un système de traitement des eaux s'avère efficace. Il est donc primordial, pour des raisons sanitaires et de sécurité, d'effectuer des essais microbiologiques dans les plans d'eau.

Présence d'organismes coliformes

Les bactéries coliformes se retrouvent généralement dans l'environnement. Bien que la plupart de ces organismes soient sans danger, leur présence confirme l'existence d'autres microorganismes pathogènes dangereux. Donc, si l'on ne retrouve pas de bactéries coliformes dans un plan d'eau, cela signifie que ce dernier ne doit probablement pas contenir de bactéries

pathogènes. Par contre, dans le cas contraire, si l'on retrouve des bactéries coliformes dans un plan d'eau, cela signifie que ce dernier contient probablement des bactéries pathogènes. Par conséquent, la présence de bactéries coliformes dans les réseaux publics indique que le traitement des eaux est inefficace. L'inefficacité du traitement de désinfection dans le réseau de distribution d'eau ou un bris de canalisation peuvent en être la cause. Dans le même ordre d'idées, la présence de bactéries coliformes dans les réseaux d'alimentation privés peut indiquer que la source d'eau est contaminée ou que le système de traitement est inefficace.

La plupart des laboratoires d'essais effectuent ce qu'on appelle une analyse des coliformes totaux. Cet essai est effectué pour confirmer la présence de divers groupes d'organismes bactériens. Certaines procédures consistent à estimer la quantité de bactéries présentes et à dresser une liste du nombre d'unités formatrices de colonies par millimètre d'eau testée. Cependant, d'autres essais peuvent seulement confirmer la présence ou l'absence de bactéries coliformes.

Si un échantillon d'eau contient des bactéries coliformes, la prochaine étape consiste alors à déterminer si leur présence est due à une contamination fécale. On y parvient généralement en analysant l'eau pour y relever la présence de coliformes fécaux comme la bactérie *E. coli* (colibacilles). La présence de coliformes fécaux ou de colibacilles indique que l'eau a été contaminée par des matières fécales humaines ou animales. Les microorganismes présents dans ces matières fécales peuvent causer des maladies.

Il convient de mentionner que si l'on relève la présence de coliformes dans un échantillon d'eau, mais que celui-ci ne contient pas de coliformes fécaux (ou la bactérie *E. coli*), la qualité sanitaire de cet échantillon est tout de même considérée comme inacceptable. Si les bactéries coliformes sont présentes, tout laisse croire que les microorganismes pathogènes feront leur apparition un jour ou l'autre.

La turbidité et les particules en suspension peuvent indiquer que le plan d'eau est contaminé ou que le procédé de traitement est inefficace. L'eau très turbide a pour effet de réduire l'efficacité des procédés de désinfection comme les traitements au chlore et aux rayons ultraviolets. La quantité de matières en suspension ou le degré de turbidité peuvent être mesurés au moyen d'essais.

Désavantage des techniques d'essai standards

Bien que la plupart des bactéries et virus pathogènes soient éliminés au moyen de la désinfection, certains organismes comme les parasites lamblia et les cryptosporidies peuvent demeurer actifs. Donc, des résultats jugés acceptables ne garantissent pas que tous les organismes pathogènes aient été éliminés. De plus, les résultats jugés acceptables dans le cadre d'essais effectués dans des plans d'eau non traités, comme les réservoirs et puits privés, ne garantissent pas la présence ou l'absence de protozoaires ou de virus.

Recommandations en ce qui concerne les essais

Il est impossible de tester un échantillon d'eau pour confirmer la présence ou l'absence de tous les agents pathogènes connus. Des essais poussés peuvent s'avérer très dispendieux. Plusieurs organismes de santé ont arrêté leur choix sur les essais visant à détecter les coliformes totaux pour vérifier l'innocuité bactériologique de l'eau potable. Il faut soumettre l'eau des réservoirs et puits privés à des essais au moins deux fois par année pour s'assurer qu'elle est libre d'agents pathogènes. D'autres essais s'imposent si l'on soupçonne que l'eau d'un réservoir ou d'un puits est contaminée, ou si une épidémie inexpliquée sévit. Si les maladies continuent de frapper, il faut cesser d'utiliser l'eau jusqu'à ce qu'elle soit analysée.

Module 7 – Gestion du réservoir

Il est important de gérer un réservoir agricole adéquatement afin de préserver et d'améliorer la qualité de son eau. Nous avons abordé ce sujet au module 3 en mettant l'accent sur la conception et l'emplacement d'un réservoir agricole. Ce module soumet des suggestions visant à préserver et améliorer la qualité de l'eau des réservoirs une fois qu'ils sont en service. La bonne gestion d'un réservoir requiert peu de frais et d'efforts et permet généralement d'améliorer la qualité de son eau. L'amélioration de la qualité de l'eau permet de réduire les coûts associés aux divers traitements, permet d'accroître la productivité du bétail, ce qui en retour augmente habituellement la qualité de vie des régions rurales.

Il convient d'inspecter les réservoirs au moins une fois chaque semaine d'avril à septembre, et une fois chaque mois d'octobre à mars. En relevant les problèmes dès leur apparition, il est possible de mettre en œuvre diverses mesures correctives avant que la qualité de l'eau ne se détériore davantage. Lors des inspections, il est important de vérifier :

- S'il y a des signes laissant croire que des animaux vivent aux abords du réservoir ou y pénètrent;
- Si le système d'aération fonctionne adéquatement;
- Si la prise d'eau est placée au bon endroit;
- S'il y a prolifération d'algues ou de plantes nuisibles;
- Si les zones tampons gazonnées ou les digues sont endommagées;
- S'il y a des signes laissant croire que l'eau de ruissellement est contaminée.

Il est important de noter toutes ces observations dans un registre pour mieux analyser les occurrences à court et à long terme.

Pratiques de gestion des réservoirs

Il existe plusieurs pratiques de gestion des réservoirs. Plusieurs ont fait leurs preuves et s'avèrent très efficaces, alors que d'autres en sont encore au stade expérimental. Certaines techniques font appel au bon sens et ne requièrent aucun produit ou service spécial. D'autres traitements nécessitent l'utilisation de produits chimiques ou commerciaux. Ce module donne un aperçu de ces pratiques et expose leurs forces et faiblesses. Les pratiques présentées dans ce module sont des méthodes bien établies et permettent d'améliorer considérablement la qualité de l'eau d'un réservoir agricole.

Aération continue

Un approvisionnement continu en oxygène s'avère la meilleure pratique pour améliorer la qualité de l'eau d'un réservoir. Le module 5 intitulé *Réseaux et systèmes* porte sur ce sujet.

Retrait des sédiments

Retirer tous les 10 ans les sédiments reposant au fond d'un réservoir constitue un moyen efficace pour prolonger sa durée de vie et améliorer la qualité de son eau. Malheureusement, les coûts rattachés à une telle pratique peuvent parfois excéder les coûts de construction d'un nouveau réservoir. Il faut bien estimer ce qu'il en coûtera avant de prendre la décision de nettoyer un réservoir. Sur les sites comptant plusieurs réservoirs, il convient de détourner l'eau de ruissellement du réservoir dans lequel on doit extraire des sédiments. Ainsi, le réservoir peut s'assécher durant la période estivale et l'extraction des sédiments peut avoir lieu au début de l'automne. Sur les sites comptant un seul réservoir, l'utilisation d'une pelle à benne traînante ou d'une rétrocaveuse à commande hydraulique constitue la seule façon possible d'extraire les sédiments sous l'eau. Une fois l'excavation sous l'eau terminée, l'eau demeurera trouble pendant une période variant de plusieurs semaines à plusieurs mois.

Lutte contre la végétation

Il est important d'effectuer régulièrement l'entretien de l'aire entourant un réservoir pour préserver la qualité de son eau. Il convient de tondre régulièrement les zones tampons gazonnées et les pistes avoisinantes. Cette pratique empêche les herbes d'agir comme des pièges à sédiments. Des brise-vent situés aux endroits stratégiques empêchent que trop de feuilles ne tombent dans le réservoir. Des parois d'extrémité abruptes réduisent également la prolifération de végétaux nuisibles. Si possible, il convient de retirer les plantes aquatiques du réservoir avant qu'elles ne meurent et se décomposent. Des arbustes et des arbres prendront racine aux abords du réservoir. Ceux-ci peuvent atteindre des tailles importantes et la chute de leurs feuilles et fruits peut nuire à la qualité de l'eau du réservoir (surtout à l'automne). La taille annuelle des saules, des gaulis et de la végétation adjacente s'impose donc pour préserver la qualité de l'eau du réservoir.

Retrait des animaux

Des animaux comme les salamandres, aussi appelées lézards d'eau, et les rats musqués peuvent causer divers problèmes en élisant domicile dans un réservoir ou dans ses environs. Ces animaux peuvent fouir le sol à la recherche de racines et de nourriture et leurs activités peuvent agiter les sédiments et ainsi rendre l'eau trouble en permanence. Des clôtures spécialement conçues peuvent bloquer l'accès au réservoir à ces animaux.

Sulfate de cuivre

Le sulfate de cuivre, également connu sous le nom de **vitriol bleu**, est probablement le composé chimique le plus utilisé pour traiter l'eau des réservoirs (comme l'illustre la figure 15). Son action n'est toutefois pas toujours bien comprise. Le cuivre est un élément essentiel aux plantes et aux animaux, mais à de fortes concentrations, il peut être toxique. Les traitements au cuivre peuvent s'avérer efficaces pour lutter contre les cyanobactéries. Cependant, leur efficacité est accrue lorsqu'ils sont administrés au début de l'été avant que la prolifération ne commence.

Le cuivre peut également éliminer du même coup d'autres organismes utiles comme le zooplancton, lequel se nourrit de certains types d'algues. La surutilisation d'un tel traitement peut entraîner une accumulation de cuivre dans les sédiments reposant au fond du réservoir. Ceci a pour conséquence de nuire aux organismes utiles ou de les tuer pour ainsi troubler les processus biologiques ayant normalement lieu dans le plan d'eau. En fait, une seule surdose peut entraîner une prolifération d'algues anthropique.

Santé Canada recommande que l'eau potable destinée à la consommation humaine ne contienne pas plus d'un milligramme de cuivre par litre. Cette concentration est bien en deçà du niveau considéré comme toxique.

Il ne faut donc pas abuser des traitements au cuivre. Il n'est pas raisonnable de croire que l'on peut maintenir les réservoirs complètement libres d'algues vertes ou brunes ou d'autres plantes aquatiques. Les cyanobactéries constituent la principale cible du cuivre. Si l'on administre le traitement au cuivre lorsqu'il y a prolifération d'algues, il pourrait y avoir une libération importante de toxines dans le réservoir. À ces causes, et en raison des toxines que produit ce type de traitement, il est recommandé d'attendre un minimum de 14 jours avant de réutiliser l'eau du réservoir pour abreuver le bétail. Cette période d'attente permettra aux toxines de se dissiper. Aérer adéquatement l'eau du réservoir durant cette période peut également favoriser la dégradation des toxines.

On retrouve du cuivre dans plusieurs produits. La substance active demeure toujours le cuivre lui-même (Cu). Il est suggéré de communiquer avec l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire du Canada pour connaître la liste des produits à base de cuivre homologués dans la lutte contre les cyanobactéries. L'appendice 2, intitulé *Utilisation des produits à base de cuivre dans la lutte contre les cyanobactéries*, présente des renseignements supplémentaires concernant les procédures de traitement des réservoirs.

Figure 15 : Traitement au sulfate de cuivre

Coagulation

En ce qui a trait au traitement de coagulation, il est moins couteux de traiter un petit volume d'eau destiné à un usage de qualité supérieure dans une cellule de traitement spécialement conçue et séparée du réservoir, comme l'illustre la figure 16. Cependant, les substances chimiques utilisées dans ce traitement peuvent également traiter des réservoirs entiers et ont déjà permis d'assainir des réservoirs touchés par des inondations. Le charbon actif en poudre s'est avéré utile pour retirer les matières organiques dissoutes de l'eau et pour lui rendre son odeur et sa saveur. Il convient de surveiller la présence de résidus chimiques si l'on recourt à ce traitement régulièrement.

Figure 16: Cellule de coagulation

Herbicides

L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire du Canada a homologué l'emploi de certains herbicides pour lutter contre les algues et les mauvaises herbes aquatiques. Ces composés peuvent être utilisés que dans des réservoirs privés où l'eau ne se déverse pas dans un autre plan d'eau, comme l'illustre la figure 17. Il faut toujours suivre les directives d'emploi indiquées et manipuler ces produits avec précautions. Il faut estimer de façon précise la quantité d'eau que contient le réservoir afin d'administrer la dose appropriée.

Figure 17 : Traitement aux herbicides

Pratiques d'essai

Plusieurs pratiques font l'objet d'essais et diverses recherches sont en cours quant à la gestion des réservoirs agricoles. Ce module en présente quelques-unes, mais il n'est pas recommandé de les mettre en œuvre pour le moment.

Couverture de réservoir

Les couvertures flottantes en plastique synthétique (figure 18) ont été utilisées à des fins expérimentales pour lutter contre la prolifération d'algues et de mauvaises herbes aquatiques. Celles-ci limitent la quantité de lumière pénétrant dans l'eau et minimisent les pertes dues à l'évaporation. Les couvertures en plastique flottent à la surface de l'eau et se fixent aux bords du

réservoir en plusieurs points. Comme le niveau de l'eau d'un réservoir varie au cours d'une année, les bandes de fixation doivent demeurer desserrées ou être ajustées régulièrement. Les personnes qui ont fait l'essai des couvertures de réservoir ont déclaré avoir subi moins de pertes dues à l'évaporation durant les périodes de sécheresse.

Dans le cadre de cette pratique, il convient d'aérer davantage le réservoir pour y conserver des concentrations en oxygène adéquates. Les couvertures de bonne conception sont munies de trous d'aération. Ces derniers laissent s'échapper l'air du système d'aération qui s'accumule sous la couverture, sans toutefois laisser passer la lumière du soleil. La durée de vie de ces couvertures n'est que de trois à cinq ans parce qu'elles se dégradent rapidement sous l'effet des rayons ultraviolets. Les vents et la glace peuvent également contribuer à accélérer leur détérioration. Les vents peuvent même complètement détruire une couverture si ses bandes de fixation ne sont pas ajustées convenablement.

Figure 18: Couverture de réservoir

Désinfectants

Les désinfectants sont des substances chimiques contenant des agents oxydants comme le chlore, le peroxyde d'hydrogène et l'ozone. Ils s'avèrent efficaces pour éliminer les microorganismes :

- Lorsque l'eau est suffisamment propre;
- Si la dose est suffisamment forte;
- Si le temps de contact est suffisamment long.

Cependant, les désinfectants sont non sélectifs et éliminent du même coup plusieurs organismes utiles. Par conséquent, leur emploi dans les réservoirs n'est pas homologué, malgré le fait que plusieurs usines de traitement des eaux usées les utilisent abondamment.

Plantes

La culture de certaines plantes a été pratiquée à des fins expérimentales pour améliorer la qualité de l'eau des réservoirs. Certaines espèces de plantes aquatiques améliorent la qualité de l'eau durant la saison estivale en absorbant du nitrogène et du phosphore. Avec ces éléments en moins, l'eau devient alors moins fertile, ce qui peut empêcher la prolifération d'algues indésirables. Les plantes à racines, comme les massettes, peuvent se prêter à cet usage. Ces plantes doivent toutefois être retirées à l'automne pour ne pas altérer la qualité de l'eau. Dans le cas contraire, elles mourront et les éléments nutritifs qui résulteront de leur décomposition se retrouveront dans le plan d'eau.

Comme les plantes à racines peuvent être difficiles à récolter, certains ont envisagé d'utiliser des plantes flottantes pour améliorer la qualité de l'eau des réservoirs. La lenticule mineure est une plante indigène flottante ayant la capacité d'absorber de grandes quantités de phosphore, mais le désavantage est que l'on doit constamment la récolter. Cette plante ne survit qu'en situation abritée et elle se retrouve souvent sur le côté sous le vent d'un plan d'eau. La jacinthe d'eau est une plante tropicale flottante qui n'a été utilisée dans les réservoirs canadiens qu'à des fins expérimentales pour lutter contre la prolifération d'algues. On récolte les lenticules mineures et les jacinthes d'eau à l'aide d'un barrage flottant, comme l'illustre la figure 19.

Poissons

Il arrive que l'on ensemence un réservoir pour améliorer la qualité de son eau et les poissons contribuent à cet effort en se nourrissant des plantes qui y vivent. Toutefois, leur présence peut restreindre l'utilisation de certains produits chimiques utiles dans la lutte contre la prolifération d'algues, ce qui peut éventuellement causer d'autres problèmes.

Tout comme les plantes, les poissons que l'on utilise pour améliorer la qualité de l'eau doivent être retirés du réservoir avant qu'ils ne meurent et se décomposent. La carpe de roseau, aussi connue sous le nom d'amour blanc, s'avère efficace pour éliminer les plantes indésirables dans un réservoir, mais comme l'on craint qu'elle ne s'échappe dans la nature, son utilisation est interdite dans certaines provinces. Il faut donc consulter les autorités provinciales avant de mettre en œuvre une telle pratique. Certains poissons, notamment la truite arc-en-ciel, peuvent contribuer à détériorer la qualité de l'eau en se nourrissant de phytoplancton et en la souillant d'excréments.

Figure 19 : Récolte des lenticules mineures

Produits biologiques et chimiques divers

De nombreux produits offerts en magasin se vantent d'améliorer la qualité de l'eau. L'utilisation de ces produits est généralement limitée aux plans d'eau non destinés à la consommation, comme les pièces d'eau décoratives que l'on retrouve sur les terrains de golf et dans les zoos. Ces produits peuvent contenir des bactéries, des toxines chimiques et des inhibiteurs de lumière. Il convient de s'informer auprès de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire du Canada pour savoir si un produit est homologué et si son emploi est limité.

La plupart de ces produits ne sont pas homologués par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire du Canada dans le cadre du traitement de mares ou réservoirs agricoles destinés à la consommation. Il n'est donc pas recommandé de recourir à de tels produits jusqu'à ce que les recherches prouvent qu'ils sont sécuritaires et efficaces.

Module 8 – Guide de dépannage

Divers problèmes peuvent survenir au cours de l'exploitation d'un réservoir et ceux-ci peuvent avoir des effets sur la quantité d'eau disponible et sa qualité. Ces problèmes peuvent tirer leur origine :

- Du bassin hydrographique;
- Du réservoir lui-même (conception, construction, emplacement);
- Des systèmes et équipements servant au pompage, à l'aération et au traitement de l'eau;

- Des pratiques de gestion préconisées.

Ce module est conçu pour vous aider à identifier la nature et la source des problèmes pouvant survenir et vous fournit quelques suggestions pour corriger la situation. Ce guide de dépannage présente d'abord les symptômes les plus couramment associés aux problèmes ayant un effet sur la quantité d'eau disponible et sa qualité. Il présente une liste des causes possibles, des vérifications à effectuer et des mesures correctives à prendre.

Symptôme 1 : niveaux d'eau peu élevés

Causes possibles	Vérifications	Mesures correctives (options)
Bassin hydrographique insuffisant	- Observer l'aire de drainage lors des périodes de précipitations ou de fonte des neiges.	- Favoriser le piégeage de la neige dans la zone en installant des coupe-vents et barrières à neige, ou en laissant une hauteur de chaume adéquate; - Remplir le réservoir en y pompant de l'eau; - Aménager une autre source d'eau.
Sécheresse	- Quels sont les hauteurs pluviométriques et les apports neigeux moyens pour votre région? Vous pouvez obtenir ces statistiques via Environnement Canada.	- Piégeage de la neige; - Pomper de l'eau à partir d'une autre source; - Accroître la capacité de stockage du réservoir; - Aménager une autre source d'eau (auxiliaire) pour pallier les périodes de sécheresse.
Grandeur du réservoir insuffisante	- Comparer les données relatives à l'utilisation d'eau annuelle, moins les pertes dues à l'évaporation et au gel, avec les dimensions de réservoir suggérées; - Prendre en considération d'agrandir le réservoir; - Chutes régulières des niveaux	- Accroître la source du réservoir et aménager une autre source.

	d'eau.	
Fuites	- Lentilles ou couches de sable et argile fracturée.	- Étanchéiser le réservoir; - Réaménager le réservoir dans un endroit où le sol est de meilleure qualité.
Dépôts dans le réservoir	- Érosion de l'air de drainage ou des cours d'eau avoisinants.	- Utiliser des mesures antiérosion comme l'aménagement de couverts herbacés ou de digues; - Retirer les sédiments du réservoir; - Utiliser un système à double réservoir (bassin de décantation et réservoir principal)
Blocages ou drainage en amont	- Présence en amont de digues de castor, de barrages de neige; - Blocage en amont causé par l'accumulation de sédiments; - Drainage en amont ou déviation de l'écoulement de surface.	- Utiliser un tracteur pour retirer les barrages ou les dépôts de neige faisant dériver l'écoulement de surface; - Communiquer avec les autorités compétentes en matière de contrôle des castors et de modifications des cours d'eau; - Communiquer avec les organismes gouvernementaux provinciaux chargés du processus d'approbation des drains.

Symptôme 2 : cas de maladies animales imputables aux eaux contaminées

Causes possibles	Vérifications	Mesures correctives (options)
Contamination de l'eau	- Identifier les sources de contamination potentielles dans les limites de l'aire de drainage et consulter un professionnel pour connaître les paramètres d'essai.	- Arrêter d'abreuver le bétail avec l'eau contaminée et consulter un vétérinaire; - Si possible, retirer la source de contamination et remplacer les tranchées en gravier par des prises d'eau flottantes; - Consulter un spécialiste du traitement des eaux; - Aménager une autre source d'eau non contaminée ou installer un système de traitement des eaux (filtration, désinfection).

Symptôme 3 : eau noire et malodorante

Causes possibles	Vérifications	Mesures correctives (options)
Chute des concentrations en oxygène dissous dans l'eau du réservoir (en été)	- Prolifération d'algues et de mauvaises herbes (ou décomposition); - Prolifération de cyanobactéries (s'apparentant à de l'herbe coupée flottant sur l'eau); - Film biologique vert foncé flottant aux abords du réservoir; - Eau sale et réduction du niveau d'eau.	- Utiliser des techniques de contrôle pour maîtriser la prolifération d'algues et de mauvaises herbes; - Utiliser un système d'aération pour réapprovisionner l'eau du réservoir en oxygène; - Utiliser des mesures antiérosion comme l'aménagement de digues ou l'utilisation d'un système à double réservoir; - Nettoyer le réservoir à l'aide

	- Présence de dépôts organiques végétaux dans le réservoir; - Recyclage des éléments nutritifs dans le réservoir causant une prolifération d'algues; - Prise d'eau près du fond du réservoir	d'équipements d'excavation et rendre les pentes plus abruptes pour réduire la prolifération d'algues et de mauvaises herbes; - Utiliser des digues munies d'écrans et repérer les arbres à feuilles caduques; - S'assurer que le réservoir est aéré uniformément; - Utiliser un tuyau perforé pour diffuser l'oxygène au lieu d'un tube à extrémité libre; - Remonter la prise d'eau flottante près de la surface.
Chute des concentrations en oxygène dissous dans l'eau du réservoir (en hiver)	- Équipement d'aération défectueux; - Couche de neige privant le réservoir de la lumière du soleil.	- Vérifier si l'équipement d'aération fonctionne adéquatement; - Si possible, retirer une partie de la couche de neige du réservoir.
Prise d'eau endommagée au fond du réservoir	- Tuyau de prise d'eau endommagé.	- Retenir les services d'un plongeur, si nécessaire, pour réparer la prise d'eau.

Symptôme 4 : eau sale

Causes possibles	Vérifications	Mesures correctives (options)
Érosion de l'air de drainage ou des cours d'eau avoisinants	- Érosion du sol; - Précipitations récentes; - Particules d'argile en suspension qui ne se sédimentent pas.	- Utiliser des mesures antiérosion comme l'aménagement de digues; - Utiliser un système à double réservoir; - Utiliser des coagulants pour nettoyer l'eau.
Érosion du réservoir	- Érosion du sol due à	- Protéger les bords du réservoir contre l'érosion au

	l'action des vagues.	moyen de toiles filtrantes, de plastique et d'enrochements de protection; - Utiliser des coagulants ou procéder à la filtration de l'eau.
Présence de rats musqués, de canards ou de lézards d'eau	- Abondance de massettes et de tunnels dans les environs du réservoir; - Massettes flottantes creusées.	- Contrôler les massettes et éliminer les rats musqués en les piégeant.
Eau de ruissellement contaminée	- Tester l'eau pour déterminer s'il y a présence de bactéries, d'agents chimiques ou de pesticides.	- Retirer les contaminants de l'air de drainage; - Détourner les eaux de ruissellement contaminées; - Administrer les traitements qui s'imposent.

Symptôme 5 : eau décolorée et tachée

Causes possibles	Vérifications	Mesures correctives (options)
Présence de fer dans l'eau	- Taches de rouille (brunâtre) sur les accessoires de plomberie.	- Installer un système d'aération ou appliquer les mesures qui s'imposent pour retirer le fer de l'eau; - Remplacer les tranchées en gravier par des prises d'eau flottantes.
Présence de matières organiques dans	- Présence de boue aux alentours du réservoir; - Présence de taches; - Abondance de matières	- Empêcher les débordements et éviter que le sol entourant le réservoir ne soit boueux; - Déménager le réservoir;

l'eau	organiques et de terre tourbeuse aux alentours du réservoir; - Animaux et végétaux en décomposition; - Prolifération excessive d'algues et de végétaux dans le réservoir; - Couleur de l'eau allant du jaune au vert (présence de matières organiques particulaires ou dissoutes) ; - Réservoir peu profond avec pentes peu abruptes; - Présence de trèfles dans l'aire de drainage ou des cours d'eau avoisinants; - Dosage excessif de produits chimiques comme le sulfate de cuivre utilisé pour maîtriser les algues. Ce qui en retour crée une prolifération d'algues anthropique; - Effectuer des essais pour déterminer s'il y a présence de carbone organique dissous.	- Administrer un traitement de coagulation; - Couvrir les matières organiques entourant le réservoir avec de l'argile ou un tapis herbacé; - Installer un système d'aération; - Utiliser une prise d'eau à vanne réglable; - Contrôler l'entrée des éléments nutritifs favorisant la croissance d'algues et de végétaux dans le réservoir; - Installer un système d'aération; - Augmenter la profondeur du réservoir et rendre ses parois plus abruptes; - Éviter de planter des végétaux salissants; - Réduire ou arrêter l'usage de produits chimiques. Permettre au zooplancton de se rétablir et de maîtriser les algues; - Utiliser des coagulants pour nettoyer l'eau;

Symptôme 6 : tartre minéral

Causes possibles	Vérifications	Mesures correctives (options)
Dureté calcique et magnésienne	- Présence de tartre sur les accessoires de plomberie; - Effectuer des essais de dureté; - Tranchée d'infiltration en gravier.	- Installer un adoucisseur d'eau; - Installer une prise d'eau directe.

Symptôme 7 : saveur et odeur de l'eau

Causes possibles	Vérifications	Mesures correctives (options)
Fer	- Voir symptôme 5.	
Odeur de moisi ou de poisson	- Prolifération d'algues	- Appliquer les mesures de contrôle qui s'imposent pour éliminer la prolifération d'algues; - Installer un filtre à charbon actif.
Odeur d'œufs pourris	- Voir symptôme 3	
Saveur amère ou salée	- Forte concentration de matières dissoutes totales en raison du suintement des eaux souterraines ou de la minéralisation de la tranchée en gravier	- Bloquer l'accès au réservoir à l'eau de mauvaise qualité ou déménager le réservoir; - Remplacer les tranchées en gravier par des prises d'eau flottantes.

Glossaire

Absorption – phénomène par lequel une substance est retenue **dans la totalité** du volume d'une autre, généralement un liquide par une solution.

Adaptateur pour puits sans fosse de visite – dispositif mécanique immergé conçu afin de garantir que le puits demeure exempt de gel et sanitaire.

Adsorption – phénomène par lequel une substance est retenue **à la surface** d'une substance solide.

Agent pathogène – microorganisme capable de causer une maladie.

Alcalinité – capacité d'une solution à neutraliser les acides.

Algue – organisme unicellulaire végétal pratiquant la photosynthèse.

Algue bleu-vert – microorganisme aquatique produisant des toxines dangereuses, et également connu sous le nom de cyanobactérie.

Aquaculture – élevage et culture d'animaux et végétaux aquatiques à des fins commerciales.

Aquifère – Formation contenant de l'eau (lit ou strate), constituée de roches perméables, de sable ou de gravier, et capable de céder des quantités importantes d'eau.

Bactérie – micro-organisme dépourvu de chlorophylle, et caractérisé par son incapacité à produire la photosynthèse.

Bassin hydrologique – bassin drainant naturellement vers un cours d'eau ou un endroit donné les eaux de ruissellement. Également appelé bassin récepteur.

Bentonite – argile gonflante utilisée dans la construction du revêtement de bassins et de réservoirs.

Coagulation – ajout de certaines substances chimiques à l'eau permettant à de très petites particules d'entrer en collision les unes avec les autres pour s'agglomérer et ainsi former des flocons.

Coliformes – groupe de bactéries agissant comme bio-indicateur du niveau de pollution des eaux.

Coliformes fécaux – organismes coliformes vivant dans les intestins des animaux à sang chaud.

Cryptosporidie – parasite unicellulaire pathogène dont le cycle de vie comprend une phase kystique lui permettant de vivre dans des conditions difficiles.

Cyanobactérie – organisme unicellulaire, s'apparentant davantage aux bactéries qu'aux plantes, capable de produire la photosynthèse.

Désinfection – procédé qui consiste à éliminer presque tous les organismes pathogènes présents dans l'eau.

Désinfection UV – procédé d'épuration de l'eau consistant à éliminer les microorganismes en brisant leurs molécules d'ADN à l'aide du rayonnement ultraviolet (UV), les empêchant ainsi de se reproduire. Pour que ce procédé soit efficace, les rayons UV doivent s'attaquer à la cellule.

Diffuseur – équipement servant à introduire de petites bulles d'air dans l'eau.

E. coli – espèce de coliformes fécaux dont certaines souches sont pathogènes. La souche E. coli 0157:H7 a été identifiée comme l'agent pathogène ayant contaminé le système d'approvisionnement en eau de la ville de Walkerton en 2000.

Éléments nutritifs pour végétaux – éléments minéraux nécessaires à la survie des végétaux.

Enrochement de protection – mur ou digue en pierres dont la principale fonction est de servir de fondation ou de protection à des ouvrages immergés.

Flocons – particules en suspension issues du procédé de coagulation-floculation.

Géotextile – produit, article textile fait de fibres artificielles, employé pour protéger les sols de surface de l'érosion.

Gestion des nutriants – système de gestion des engrais consistant à minimiser la quantité d'engrais utilisée sur une ferme.

Gestion intégrée des parasites – système de gestion intégrée des parasites de l'agriculture fondé sur diverses pratiques et mesures de contrôle étant économiquement réalisables et inoffensives pour l'environnement.

Giarda - parasite unicellulaire pathogène dont le cycle de vie comprend une phase kystique lui permettant de vivre dans des conditions difficiles. Cette maladie est également connue sous le nom de lambliase.

Gleyification – processus pédogénétique consistant à rendre étanche une mare artificielle en y tassant une couche d'argile par-dessus une couche de matière organique.

gpm – gallon par minute.

Lavage à contre-courant – Opération de lavage d'un matériau filtrant, avec de l'eau non contaminée, consistant à inverser le sens du courant.

lb/po^2 – livres par pouce carré.

Lenticules mineures – plantes vertes flottantes qui tirent leur nourriture de l'eau à l'aide de leurs racines tombantes. Elles forment généralement un grand tapis flottant.

Matières dissoutes totales (MDT) - somme des substances solides dissoutes dans un volume d'eau précis.

mIg – million de gallons impériaux.

mg/l – milligramme par litre.

Ozonisation – procédé de désinfection de l'eau par l'utilisation d'ozone. L'ozone est le deuxième oxydant le plus puissant après le fluor.

PGB – pratiques de gestion bénéfiques.

pH – Indice exprimant le niveau d'acidité d'une solution à l'aide d'une échelle logarithmique allant de 1 à 14. Une solution de pH 7 est neutre, les solutions dont le pH est inférieur à 7 sont acides et celles dont le pH est supérieur à 7 sont basiques.

Phosphore – élément nutritif essentiel pour les végétaux pouvant favoriser la prolifération d'algues lorsqu'il est rejeté en excès dans les eaux.

Pi^3/min – pied cubique par minute.

Culture en courbes de niveau – procédé qui consiste à planter les plantes cultivées en des rangées à angles droits avec l'orientation de la pente.

Pompe submersible – pompe centrifuge alimentée électriquement et conçue pour fonctionner sous l'eau.

Protozoaires – microorganismes unicellulaires se nourrissant de bactéries et d'algues.

Puits de captage – structure munie d'une pompe de distribution, située dans un endroit facilement accessible et sécuritaire, et adjacente à un système d'approvisionnement d'eau de surface.

Relèvement – lorsqu'il est question du pompage de l'eau, le relèvement correspond à la distance ou à l'élévation à laquelle l'eau est déplacée verticalement.

Réservoir sous pression – composante d'un réseau de distribution d'eau, retenant celle-ci à une pression supérieure à la pression atmosphérique

Traitement au point d'utilisation – système utilisé pour traiter qu'une partie de l'eau d'une installation à partir d'un ou de multiples robinets.

Traitement au point d'entrée – système utilisé pour traiter l'eau, en sa totalité ou en partie, à la prise d'eau d'une installation.

Traitement d'osmose inverse – système utilisé pour retirer les matières dissoutes de l'eau.

Turbidité – mesure de l'effet de diffusion de la lumière par de petites particules en suspension dans l'eau.

Virus – agent infectieux de très petite taille, entouré d'une capside, qui se reproduit à partir de son seul matériel génétique représenté par un seul type d'acide nucléique (ADN ou ARN). Plusieurs virus peuvent infecter les organismes humains.

Vitriol bleu – sulfate de cuivre.

Zooplancton – groupe d'organismes marins diversifiés se nourrissant d'algues et de bactéries.

Appendice 1 : Guide de la qualité des eaux

Tableau 1 : Agents chimiques et espèces microbiologiques ayant une incidence sur la qualité esthétique de l'eau

Agents chimiques/espèces	Source	Symptômes
Calcium	Dépôts naturels (calcaire)	Eau dure; tartre et dépôts dans les chaudières et chauffe-eaux
Cuivre	Dépôts naturels; produits de corrosion des canalisations	Taches verdâtres sur les installations; saveur métallique
Sulfure d'hydrogène	Présent dans l'eau avec de fortes concentrations de fer et faible pH	Odeurs d'œufs pourris
Fer	Dépôts naturels et coagulants à base de fer	Taches de rouille brun rougeâtre sur les installations; goût métallique
Ferrobactéries	Bactéries dont la source d'énergie est l'oxydation du fer	Film biologique brun rougeâtre sur les installations
Magnésium	Dépôts naturels	Eau dure; tartre et dépôts dans les chaudières et chauffe-eaux
Manganèse	Dépôts naturels	Taches noires sur les installations; saveur métallique
Sodium	Dépôts naturels	Saveur salée
Sulfate	Dépôts naturels; divers floculants	Saveur désagréable
Sulfate	Bactéries dont la source d'énergie est le sulfate	Odeur d'œufs pourris; film biologique noirâtre sur les installations
Tanins et acides humiques	Matière organique naturelle (plantes et animaux en décomposition)	Odeurs et saveurs diverses (aromatique, odeur de poisson et de moisi, saveur de la terre et de boisé)

Turbidité	Sable ou limon excessivement fins; eaux de ruissellement du sol	Eau à texture abrasive; résidus dans la cuve
Zinc	Dépôts naturels; produits de corrosion des conduites	Saveur métallique désagréable

Appendice 2 : Utilisation des produits à base de cuivre dans la lutte contre les cyanobactéries

Directives concernant les traitements au cuivre

Le cuivre s'avère efficace pour lutter contre la prolifération de cyanobactéries, connues également sous le nom d'algues bleu-vert. Si un traitement ne semble pas porter ses fruits, il convient de ne pas le répéter ou de ne pas augmenter la dose. Le cuivre ne peut maîtriser les chlorophycées et les algues brunes.

Les cyanobactéries prolifèrent rapidement lorsque la température de l'eau commence à grimper, habituellement après une période de chaleurs estivales. Il faut toujours administrer un traitement lorsque la prolifération commence à se manifester afin d'accroître ses chances de succès. Dans les cas des traitements au cuivre, il faut attendre un minimum de deux semaines avant de réutiliser l'eau. Cette période d'attente est essentielle pour permettre aux toxines des cyanobactéries de se dissiper. Les traitements au cuivre sont plus efficaces si le pH se situe entre 7 et 8, si l'alcalinité se situe entre 50 et 150 mg/l, si la température de l'eau est supérieure à 15 °C, et par temps ensoleillés et peu venteux. Il n'est pas approprié d'accroître la dose de produits chimiques pour parer aux mauvaises conditions – une dose trop forte pourrait détériorer dangereusement la qualité de l'eau.

Dosage

Les cyanobactéries absorbent la lumière du soleil et vivent près de la surface de l'eau. Il convient donc d'administrer le traitement qu'à la surface, soit à environ un mètre de profondeur. Un simple calcul permet de déterminer approximativement le volume d'eau devant être traité. Il faut mesurer et multiplier la longueur et la largeur de la surface du plan d'eau (en mètres) pour obtenir son volume à une profondeur d'un mètre. Il faut multiplier la valeur obtenue par 1000 pour convertir le volume cubique en litres. Le produit chimique causant la toxicité s'appelle matière active et le cuivre joue ce rôle dans la plupart des produits utilisés dans la lutte contre les cyanobactéries. Les concentrations de cuivre varient selon les divers produits.